

Periodical Part, Published Version

## **Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) Geschäftsbericht der BAW 2016**

BAWGeschäftsbericht

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104197>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2017): Geschäftsbericht der BAW 2016. Karlsruhe:  
Bundesanstalt für Wasserbau (BAWGeschäftsbericht).

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# 2016

Geschäftsbericht der BAW







# Liebe Leserin, lieber Leser,

in diesem Jahr erscheint der Geschäftsbericht der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) deutlich später als sonst. Grund hierfür ist, dass wir in den zurückliegenden Monaten die Strategie für unsere zahlreichen Publikationen von Grund auf überarbeitet haben. Ziel war es, alle Publikationen auf den Prüfstand zu stellen: sie neu zu strukturieren, sie hinsichtlich der Zielgruppen zu überprüfen, sie gestalterisch zu überarbeiten sowie neue Publikationsformen zu etablieren. Neu ist beispielsweise das Format „Forschung Xpress“, mit dem wir ab sofort Verwaltung, Ingenieurbüros und Wissenschaft in kompakter Form und in schneller Folge über unsere breit angelegten Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus informieren wollen. Neu ist auch ein eigenständiges Format für Dissertationen, das dem langfristig angelegten, deutlichen Anstieg von Promotionen von Beschäftigten der BAW in unserer Außendarstellung Rechnung trägt. Ziel der neuen Publikationsstrategie ist es überdies, die von der Bundesregierung verfolgte Open Access-Strategie aktiv zu unterstützen und damit unsere Publikationen einem möglichst breiten Publikum zugänglich zu machen.

Der Ihnen nunmehr vorliegende BAW-Geschäftsbericht 2016 unterscheidet sich inhaltlich, gestalterisch und hinsichtlich seines Umfangs deutlich von früheren Berichten. Inhaltlich stehen drei verkehrswasserbauliche Projekte im Vordergrund, die uns im Rahmen unserer Beratungs- und Gutachtertätigkeit für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) zuletzt in ganz besonderer Weise beschäftigt haben. Diese Projekte stehen beispielhaft für eine Vielzahl von Beratungsaufgaben, die sich durch große fachliche Komplexität, hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Belastbarkeit unserer Untersuchungsergebnisse sowie zunehmende Interdisziplinarität auszeichnen.

Ergänzt werden die drei Schwerpunktthemen durch ausgewählte Kurzberichte über aktuelle Forschungs- und



Entwicklungsvorhaben. Im Interview mit dem Vorsitzenden unseres wissenschaftlichen Beirats, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, bescheinigt dieser uns überzeugende Forschungsleistungen und sieht uns gut gerüstet für eine künftige Evaluation durch den Wissenschaftsrat.

Im Wettstreit um die besten Köpfe unternehmen wir als Arbeitgeber vielfältige Anstrengungen. Diesem Aspekt ist im Geschäftsbericht ein eigenständiger Abschnitt gewidmet. Im Regelfall finden wir bereits bei der ersten Ankündigung einer freien Stelle das gesuchte qualifizierte Personal. Dies ist heutzutage keineswegs selbstverständlich. Wir tun daher viel, um als moderner und attraktiver Arbeitgeber wahrgenommen zu werden. Herausfordernde Fachaufgaben, eine exzellente Geräteausrüstung, gute Möglichkeiten zur Fort- und Weiterbildung sowie familienfreundliche Arbeitsbedingungen sind Argumente, die viele Bewerberinnen und Bewerber überzeugen, für einige Zeit oder auf Dauer zu uns zu kommen. Insbesondere die Vereinbarkeit von Familie und Beruf spielt dabei eine entscheidende Rolle. Mit der Einrichtung einer betrieblichen Kindertagesstätte am Standort Karlsruhe im Jahr 2010 und flexiblen Arbeitszeitmodellen haben wir besondere Maßstäbe gesetzt.

Ob uns in der neuen Form ein attraktiver Geschäftsbericht gelungen ist, entscheiden Sie, die Leserinnen und Leser. Auf Ihre Rückmeldungen bin ich gespannt.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Ch. Heinzelmänn".

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmänn**  
Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau

Karlsruhe, im September 2017



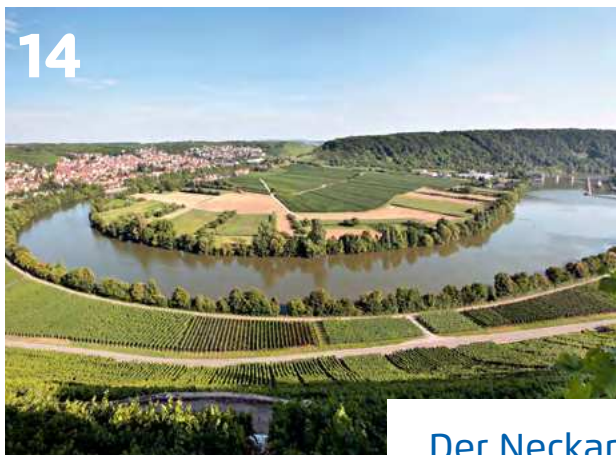
# Inhalt



## Ausbau der Seehafenzufahrten

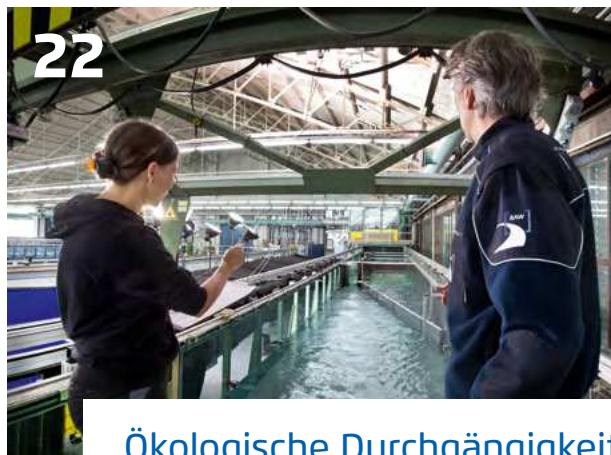
Die Rolle der BAW als Gutachter  
in der Planfeststellung

- 
- 4 Gut gerüstet für die nächste Evaluation**  
Interview mit Prof. Manfred Curbach
  - 6 Ausbau der Seehafenzufahrten**  
Die Rolle der BAW als Gutachter in der  
Planfeststellung
  - 14 Der Neckar**  
Ein Beitrag zur Erhaltung und Ausbau
  - 22 Ökologische Durchgängigkeit**  
Der Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage –  
eine Herausforderung für Planung und Forschung



## Der Neckar

Ein Beitrag zu Erhaltung  
und Ausbau



## Ökologische Durchgängigkeit

Der Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage –  
eine Herausforderung für Planung und Forschung

### 30 Ausgewählte Forschungs- und Entwicklungsprojekte

- 30 Building Information Modeling (BIM)
- 32 Feste Wehre an Bundeswasserstraßen  
Untersuchungen zur Machbarkeit sowie  
Empfehlungen zur Umsetzung
- 34 Anwendung technisch-biologischer Ufer-  
sicherungen an Binnenwasserstraßen

### 36 Die Bundesanstalt für Wasserbau

- 37 Das Jahr 2016
- 40 Die BAW als Arbeitgeber
- 42 Daten und Fakten
- 46 Anhang
- 50 Impressum





**ZUR PERSON:**

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h.  
Manfred Curbach**

ist Professor für Massivbau an der Technischen Universität Dresden und Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesanstalt für Wasserbau

# Gut gerüstet für die nächste Evaluation

Interview mit Prof. Manfred Curbach

**Herr Prof. Curbach, seit dem Jahr 2011 gehören Sie dem Wissenschaftlichen Beirat der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) an, seit 2014 sind Sie dessen Vorsitzender. Warum ein Wissenschaftlicher Beirat in der BAW, wie ist er zusammengesetzt, und welche Aufgaben hat er zu leisten?**

Der Anstoß, einen Wissenschaftlichen Beirat in der BAW einzurichten, kam vom Wissenschaftsrat, der im Zuge der Evaluation der Ressortforschungseinrichtungen des Bun-

des auch die Bundesanstalt für Wasserbau evaluiert hat. Die Ergebnisse dieser Evaluation, die Ende 2008 vorlagen, fielen für die BAW sehr zufriedenstellend aus. Im Detail sah der Wissenschaftsrat aber durchaus Verbesserungspotenziale, was zu einer Reihe von Empfehlungen an die BAW geführt hat. Eine dieser Empfehlungen lautete, einen Wissenschaftlichen Beirat einzurichten, der die BAW in allen grundsätzlichen Forschungsangelegenheiten, insbesondere bezüglich der langfristigen Ausrichtung ihrer Forschungsstrategie, unterstützt.

Der Wissenschaftliche Beirat setzt sich aus 10 Mitgliedern zusammen, die mehrheitlich aus Universitäten kommen und die klassischen Disziplinen des Verkehrswasserbaus: Bautechnik, Geotechnik sowie binnenländischer und maritimer Wasserbau repräsentieren. Darüber hinaus sind im Beirat auch die Auftraggeber der BAW, namentlich die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und das Bundesverkehrsministerium, sowie die beiden anderen „nassen Behörden“ im Geschäftsbereich des Ministeriums, also die Bundesanstalt für Gewässerkunde und das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, vertreten. In dieser Zusammensetzung spiegelt der Beirat die wichtigsten Partner der BAW aus Politik, Verwaltung und Wissenschaft sehr gut wider.

### Was sind die grundlegenden Merkmale der Forschung und Entwicklung in der BAW?

Ressortforschungseinrichtungen wie die BAW sind Dienstleister für Politik und Gesellschaft. Ihr Aufgabenspektrum reicht von hoheitlichen Aufgaben über Politikberatung bis hin zu wissenschaftsbasierten Dienstleistungen, die ihre Basis in eigener Forschung und Entwicklung haben.

In dieser Funktion führt die BAW stets praxisorientierte, häufig interdisziplinäre Forschung und Entwicklung durch. Dabei sind die Forschungsthemen auf die aktuellen und zukünftig zu erwartenden Fragestellungen, letztere im Sinne einer „Vorlauftforschung“ ausgerichtet. Eng damit verknüpft ist die „Antennenfunktion“ der BAW-Forschung und -Entwicklung. Es gilt, neue Entwicklungen, Chancen und Risiken für das Verkehrssystem Schiff / Wasserstraße möglichst frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig geeignete Handlungsoptionen zu entwickeln. Die auf diese Weise gebildete Kompetenz steht direkt für Beratungs- und Unterstützungsleistungen zur Verfügung. In der kurzfristig abrufbaren wissenschaftlichen Kompetenz und der Fähigkeit, langfristig angelegte Fragestellungen kontinuierlich bearbeiten zu können, liegt eine besondere Stärke der BAW.

### Was sind die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeit im Wissenschaftlichen Beirat?

Ausführlich begleitet haben wir die BAW beispielsweise bei der Überarbeitung ihres Forschungsprogramms. Das im Jahr 2015 neu erschienene Programm trägt den Titel „Kompetenz für die Wasserstraßen – Heute und in Zukunft“ ([http://www.baw.de/content/publikationen/www-dokumente-oeffentlich/0/BAW\\_Forschungsprogramm\\_2015.pdf](http://www.baw.de/content/publikationen/www-dokumente-oeffentlich/0/BAW_Forschungsprogramm_2015.pdf)). Wesentliche Änderungen gegenüber dem Programm von 2011 sind: Die Zuordnung der Forschungsthemen zu den neu formulierten Forschungsfeldern „Infrastruktur“, „Mobilität“ und „Umwelt“, eine Straffung und Akzentuierung der Forschungsthemen sowie eine Ergänzung des Forschungsprogramms um die Aspekte „Daten“ und „Methoden“, die die besondere Bedeutung des Datenmanagements und der Methodenentwicklung in der BAW unterstreicht. Regelmäßig im Beirat diskutiert werden auch Fragen rund um „gute wissenschaftliche Praxis“. Hierzu hat die BAW im

Jahr 2014 Grundsätze verabschiedet, die die einschlägigen Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft umsetzt. Auch bei Personalentscheidungen für Leitungspositionen in der BAW ist der Beirat beratend tätig.

### Wie haben sich die Forschungsleistungen der BAW aus Sicht des Wissenschaftlichen Beirats entwickelt?

Seit dem Jahr 2011 haben Forschung und Entwicklung in der BAW einen deutlichen Schub bekommen. Zu diesem Zeitpunkt hat das Bundesverkehrsministerium die finanziellen Rahmenbedingungen für die BAW deutlich verbessert. Die Finanzmittel stehen für Personal- und Sachausgaben zur Verfügung, sodass sowohl die Eigenforschung der BAW als auch die in Kooperation mit anderen Wissenschaftseinrichtungen durchgeführten Forschungsaktivitäten signifikant erhöht werden konnten.

## Wissenschaft lebt von Vernetzung, Austausch und Kooperation der Akteure. Die Wissenschaftler der BAW sind auf vielfältige Weise mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vernetzt.

Prof. Manfred Curbach

Wissenschaft lebt von Vernetzung, Austausch und Kooperation der Akteure. Die Wissenschaftler der BAW sind auf vielfältige Weise mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vernetzt. Viele von ihnen haben Lehraufträge an Universitäten und Hochschulen. Gemeinsame Forschungsprojekte, die von der BAW angestoßen oder begleitet werden, liefern zusätzlichen wissenschaftlichen Input. Bachelor-, Master-, Diplom- sowie Promotionsarbeiten dienen der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und geben ebenfalls neue Impulse für die eigene Forschung. Wesentliche Elemente der Vernetzung und der Qualitätssicherung sind auch die zahlreichen Publikationen und Vorträge auf wissenschaftlichen Konferenzen. Die hohe fachliche Kompetenz der Wissenschaftler der BAW kommt auch darin zum Ausdruck, dass viele von ihnen in nationalen und internationalen Gremien tätig sind und dort häufig Führungsaufgaben übernehmen.

Mein Fazit ist: Der BAW ist es erfolgreich gelungen, die Empfehlungen des Wissenschaftsrats aus dem Jahr 2008 umzusetzen. Schon damals wurde die Qualität der Forschungsleistungen als ausgezeichnet bewertet. Der Aufforderung, den Umfang der Forschungsaktivitäten deutlich zu steigern, ist die BAW überzeugend nachgekommen. Einer künftigen Evaluation kann die BAW gelassen entgegensehen.



# Ausbau der Se





# Seehafenzufahrten

Die Rolle der BAW als Gutachter in der Planfeststellung

Über 90 % der weltweiten Warentransporte werden auf dem Seeweg abgewickelt. Eine besondere Bedeutung für den gesamten Welthandel haben daher die Seehäfen, denn sie dienen den Warenströmen als Anlaufstelle. Auch die deutsche Volkswirtschaft ist auf eine leistungsfähige Infrastruktur der Seehäfen angewiesen, um das Außenhandelsvolumen von jährlich rund zwei Billionen Euro effizient umsetzen zu können.



Um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Seehäfen international zu sichern, wurden diese, wie auch ihre Zufahrten, in der Vergangenheit immer wieder an die Anforderungen der modernen Seeschifffahrt angepasst. So wurden seit Ende des 19. Jahrhunderts viele Fahrrinnen verändert, beispielsweise an Ems, Jade, Weser und Elbe. Zusätzlich haben umfangreiche Küstenschutzmaßnahmen, wie etwa Eindeichungen, die ursprünglich natürlichen Tideflusssysteme, die durch das periodische Ansteigen und Absinken des Wasserspiegels im Ablauf der Gezeiten geprägt sind, nachhaltig verändert. Auch noch heute sind weitere Fahrrinnenanpassungen für die Unter- und Außenelbe, die Unter- und Außenweser und die Außenems geplant.

Zuständig für diese Ausbaumaßnahmen, die in der Regel auf Antrag eines Bundeslandes (überwiegend Niedersachsen, Hamburg, Bremen) durchgeführt werden, ist die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Lediglich auf Hamburger Staatsgebiet ist diese Aufgabe an Hamburg delegiert. Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist im Auftrag der WSV als Sonderfachgutachter an den verschiedenen Planungsphasen beteiligt:

- **Vorplanung:**

Beiträge zur maßnahmenbezogenen Wirkung auf die abiotischen Systemparameter, welche die unbelebte Umwelt betreffen. Die Beiträge erfolgen im Rahmen von Machbarkeitsstudien und Potenzialanalysen einschließlich Untersuchungen und Empfehlungen zur wasserbaulichen Optimierung des Planungsvorhabens.

- **Hauptuntersuchung im Rahmen von Planfeststellungsverfahren:**

Gutachterliche Prognosen zu den maßnahmenbezogenen Wirkungen im Wesentlichen auf das Schutzgut Wasser. Dabei geht es um die Ermittlung der Wirkungen auf die abiotischen Systemparameter des Wasserstandes, der Strömungen, der Salzgehalte und der Sedimenttransporte einschließlich reliefbildender geomorphologischer Prozesse (Morphodynamik), aber auch die Berücksichtigung von Klimaänderung und Langzeitwirkung.

- **Einwendungsbearbeitung:**

Unterstützung des Trägers des Vorhabens durch Stellungnahmen zu den wasserbaulichen Aspekten der Einwendungen.

- **Klageverfahren:**

Gegen die Planfeststellungsbeschlüsse der großen Infrastrukturmaßnahmen wird in der Regel Klage erhoben aufgrund der zahlreichen Betroffenenheiten. Insbesondere die Verbandsklagen der Umweltverbände greifen mit Nachdruck auch die Gutachten der BAW an. Im Zuge der Klageerwidlung und gegebenenfalls in der mündlichen Verhandlung müssen die BAW-Gutachter das Verwaltungsgericht von der Richtigkeit und

Zuverlässigkeit der BAW-Prognosen überzeugen. Dies geht mit einem erheblichen schriftsätzlichen Aufwand einher.

Für große Infrastrukturvorhaben sind heutzutage von der Vorplanung bis zum Abschluss der Klageverfahren, d. h. bis zum bestandskräftigen Baurecht, Zeiträume zwischen 10 und 20 Jahre nicht ungewöhnlich.

Da Seehafenzufahrten wie beim Hamburger Hafen leicht 100 Kilometer lang sein können, ergeben sich großräumige, zusammenhängende Eingriffsflächen. Die geplanten Fahrrinnenanpassungen zählen zu den größten Infrastrukturprojekten Deutschlands, wobei zahlreiche Nutzungskonflikte auftreten. Durch die Anpassung der Fahrrinne sind die Belange von Seeschifffahrt, Fischerei, Wasserwirtschaft, Natur- und Artenschutz, Freizeittourismus und Naherholung, Brauchwassernutzung, Sturmflutschutz usw. unterschiedlich betroffen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Seeschifffahrt auf den Tide beeinflussten Flüssen in einem besonders schützenswerten Ökosystem stattfindet. Schutzgebiete von nationaler und europäischer Bedeutung sind unmittelbar über den Wasserkörper oder die Uferabschnitte mit der Seeschifffahrtsstraße verbunden. Dadurch entstehen besondere Herausforderungen an die naturschutzfachliche Bewertung einer Ausbaumaßnahme.

Eine Fahrrinnenanpassung umfasst Vertiefungen und/oder Verbreiterungen der Fahrrinne sowie gegebenenfalls einen ausbaubegleitenden Strombau. Sie stellt daher eine geometrische Formänderung der Gewässer-/Ästuartopographie dar. Ästuar meint hier das trichterförmige tidebeeinflusste Mündungsgebiet des Flusses. In der Folge werden die bereits heute anthropogen beeinflussten Strömungs-, Salzgehalts- und Wasserstandsverhältnisse weiter beeinflusst und damit einhergehend z. B. auch das Sedimenttransportregime. Fahrrinnenanpassungen können also komplexe Auswirkungen auf die abiotischen Systemparameter eines Tideflusses haben und entsprechend auch auf die biotischen Systemparameter, d. h. die Faktoren der lebenden Umwelt. Eine Veränderung der Wasserflächen im Hamburger Hafen kann sich aufgrund des Schwingungsverhaltens der Tidewelle bis in das 100 km entfernte Cuxhaven auswirken. Eine topographische Aufweitung der Ästuar-mündung in Cuxhaven kann sich wiederum messbar bis nach Hamburg auswirken.

Nach nationaler und europäischer Gesetzgebung sind für derartige Vorhaben umfangreiche Prüfungen ihrer Auswirkungen auf die verschiedenen Umweltschutzgüter und betroffenen Schutzgebiete erforderlich. Es besteht eine hohe Verantwortung der Gutachter bei der Ermittlung und Prognose der ausbaubedingten Auswirkungen auf das Ökosystem. Hieraus ergibt sich die besondere Bedeutung der BAW-Gutachten: Die von der Bundesanstalt für Wasserbau prognostizierten Auswirkungen auf die abiotischen Systemparameter sind Grundlage für die ökologische Bewertung. So werden durch einen Ausbau u. a. der

Bild 1: Containerschiff der neuesten Generation auf der Fahrt zum Hamburger Hafen in Höhe des Naturschutzgebiets Wittenbergener Elbwiesen



**Die von der Bundesanstalt für Wasserbau prognostizierten Auswirkungen auf die abiotischen Systemparameter sind Grundlage für die ökologische Bewertung.**

Wasserstand (z. B. Tidehochwasser, Tideniedrigwasser, Sturmfluscheitelwasserstände), die Strömungen und der Salzgehalt beeinflusst. Ebenso müssen die Auswirkungen auf das Sedimenttransportregime und das Gewässerbett (Morphodynamik) der Tide geprägten Flüsse ermittelt werden.

Für viele weitere an der Planung beteiligte Fachgutachter sind diese Prognosen unverzichtbare Eingangsgrößen, anhand derer sie die Umweltverträglichkeitsprüfung oder die Verträglichkeitsprüfung nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie erstellen. Denn die vorhabensbezogenen Wirkungen auf naturschutzfachliche Belange können von den Umweltgutachtern häufig erst dann ermittelt werden, wenn vorhabensbezogene Änderungen abiotischer Systemparameter bereits bekannt sind.

Um die Wirkung von Fahrrinnenanpassungen zu prognostizieren, werden bei der BAW wasserbauliche Systemanalysen realisiert. Dafür müssen Messungen in der Natur, numerische Simulationen und physikalische Modellversuche für Sonderfragestellungen durchgeführt werden. Daraus können dann belastbare und gerichts-feste gutachterliche Aussagen zu den einzelnen Schutzgütern und sonstigen Betroffenheiten im Untersuchungsgebiet

abgeleitet werden. Da die bereits bestehenden Ausbaugrade der Flüsse sehr unterschiedlich sind und die Lage der Seehäfen am Ästuar sowie die konkreten Ausbauziele variieren, muss jede Ausbauplanung gesondert betrachtet werden:

Damit die Erreichbarkeit des Seehafens Hamburg gewährleistet ist, muss für die tiefgehenden Containerschiffe die Unter- und Außenelbe auf einer Länge von über 120 km durch eine tiefe Fahrrinne ausgebaut werden. Beim Seehafen Bremerhaven hingegen muss für diese Schiffe im Weserästuar nur die ca. 60 km lange Außenweser vertieft werden. Die Unterweser hat für die Bedürfnisse der Bremer Häfen im Vergleich zur Außenweser deutlich geringere Wassertiefen. Die Innen- und Außenjade muss für diese Containerschiffe überhaupt nicht ausgebaut werden. Das Revier der Jade ist nämlich für tiefgehende Massengutschiffe mit deutlich größeren Tiefgängen (bis zu 20 m) gegenüber der Containerschiffahrt (bis zu 14,50 m) ausgelegt. Der Seehafen Emden wird im Wesentlichen durch Autotransporter angefahren. Auf der 70 km langen Revierfahrt der Außenems und des Emder Fahrwassers sind einlaufend bei tideabhängiger Fahrt Tiefgänge von bis zu 10,80 m möglich. Die Unterems hat im Vergleich zur Außenems deutlich geringere Wassertiefen, die teilweise auch nur bedarfsbezogen hergestellt werden.

Bild 2

## Systemskizze zum Bearbeitungskonzept der wasserbaulichen Systemanalyse

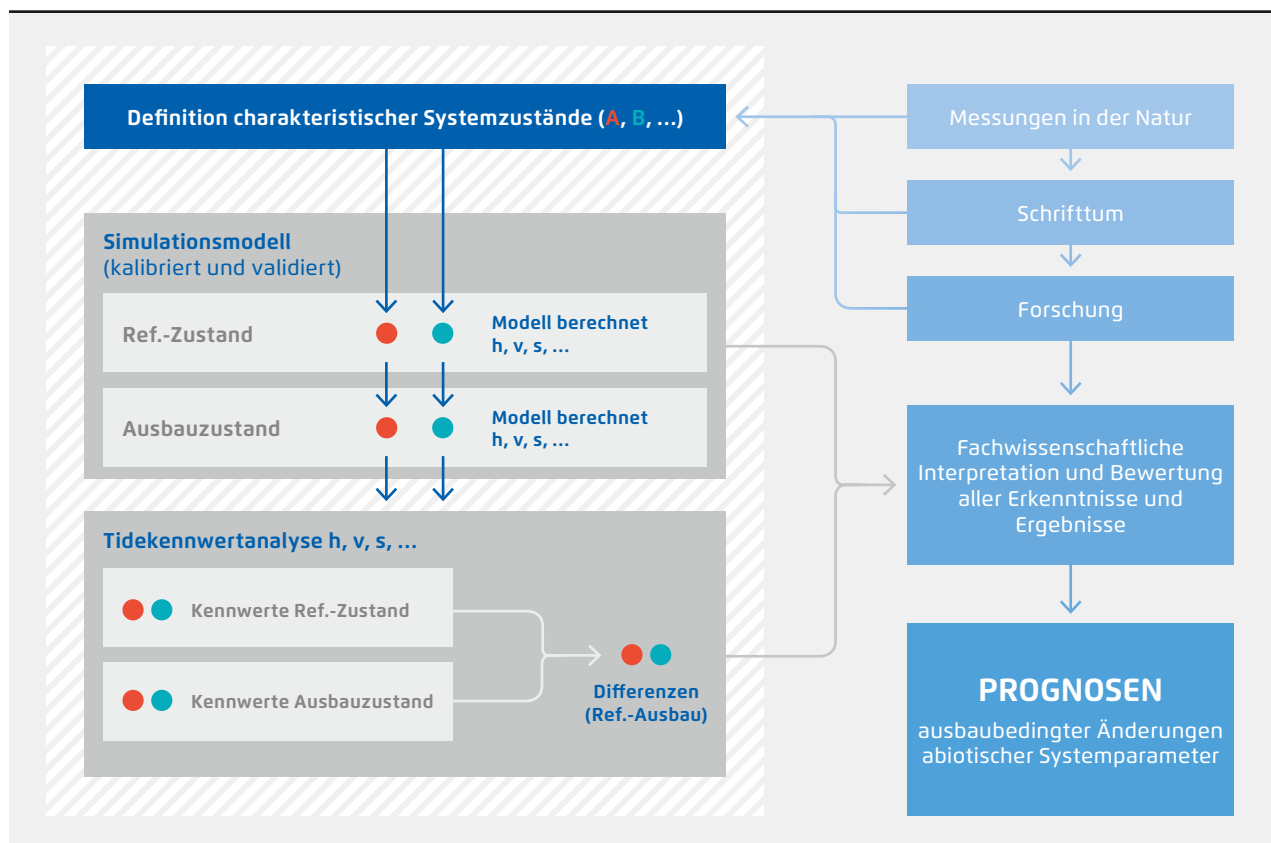
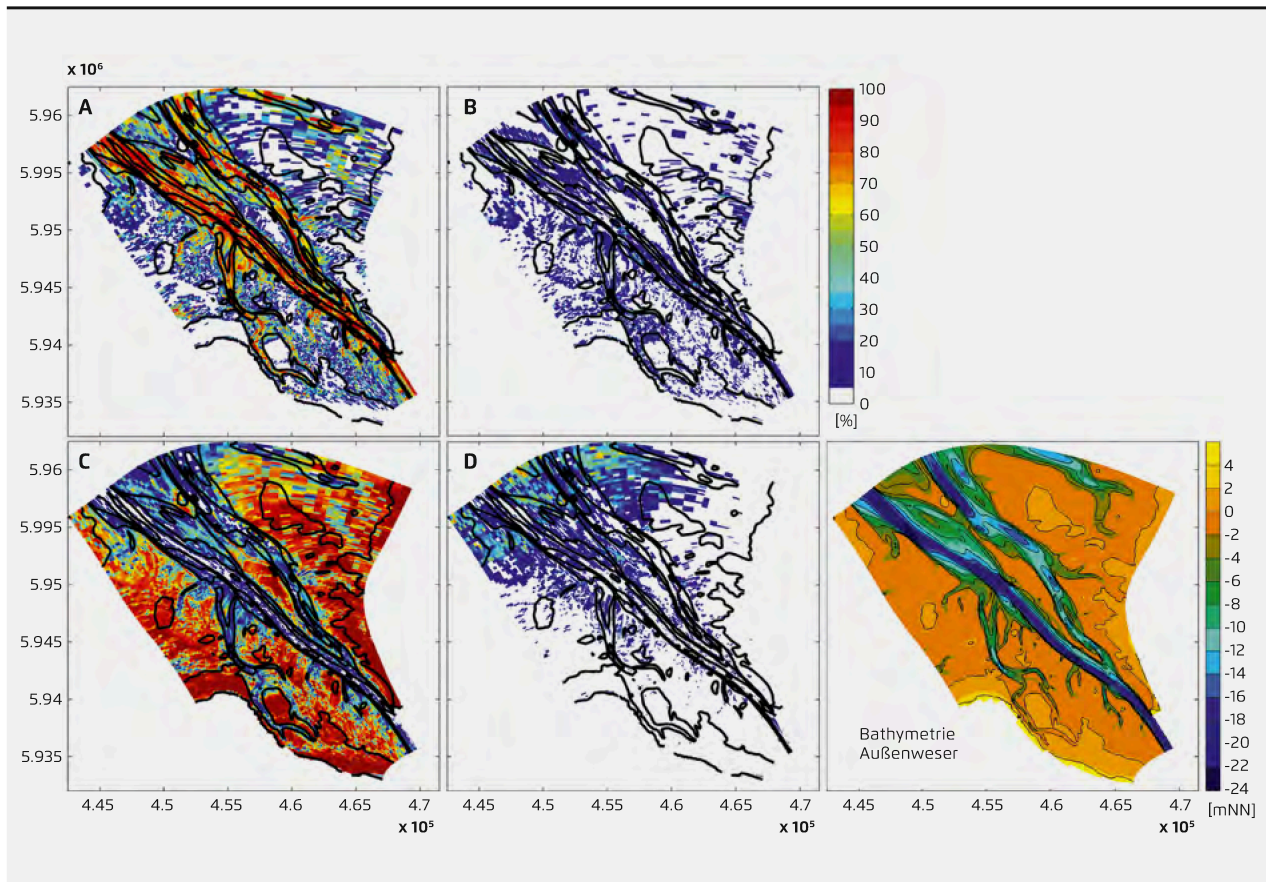




Bild 3

**Einfluss unterschiedlicher Prozesse auf die Morphodynamik der Außenweser. Dargestellt sind die anteiligen Wirkungen am morphologischen Raum eines sechsmonatigen Zeitraums unter gemäßigten hydrodynamischen Bedingungen: Tide, windinduzierte Strömung, lokale Windwellen, Dünung (Herrling et al., 2017).**



Wenn also die Zufahrtsbedingungen für die verschiedenen Seehäfen durch weitere Fahrrinnenanpassungen verbessert werden sollen, führt jede Ausbauplanung zu besonderen revierbezogenen Eingriffen. Die daraus resultierenden ausbaubedingten Wirkungen auf die abiotischen Systemparameter lassen sich nicht ohne weiteres auf andere Reviere übertragen. Übertragbar sind lediglich die grundlegenden Wirkprinzipien.

Rechtlich müssen Gutachter „neueste wissenschaftliche Erkenntnisse“ für die Prognosen ausbaubedingter Wirkungen erkennbar berücksichtigen. Insofern ist es erforderlich, dass die BAW neben der üblichen Projektarbeit auch erhebliche Ressourcen für anwendungsorientierte, oftmals projektbezogene Forschung und Entwicklung aufwendet. Die BAW nutzt die verfügbaren Haushaltsmittel nicht nur für eigenes zusätzliches Personal, sondern strebt durch Kooperationen oder Projektaufträge eine intensive Einbindung von universitären und nicht-universi-

tären Forschungseinrichtungen an. Darüber hinaus ist die Beteiligung der BAW an Drittmittel geförderten Verbundforschungsvorhaben von Bedeutung. Im Vordergrund der Aktivitäten zu Forschung und Entwicklung (FuE) stehen zwei Ziele:

- Zum einen wird die Weiterentwicklung und Optimierung der bestehenden Untersuchungsmethoden gefördert. Die bei der BAW verwendeten hydronumerischen Modellverfahren werden in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen angepasst oder hinsichtlich ihrer Funktionalität erweitert. Beispielhaft ist das Forschungsvorhaben „MudEstuary“ zu nennen. Eine Förderung des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KfKI) ermöglicht zukünftig eine bessere Berücksichtigung der Entstehung und des Einflusses von Flüssigschlick auf die Hydrodynamik sowie den Sedimenttransport.

Das Forschungsvorhaben wird derzeit im Verbund mit der Universität der Bundeswehr in München durchgeführt. Die Ergebnisse liefern sowohl wertvolle Hinweise für die Begutachtungen im Rahmen der Planungen zur Außenemsvertiefung als auch für die Begutachtungen im Kontext des Bund-Länder-Projekts „Ems2050“ zur Verbesserung des ökologischen Zustands des Emsästuars.

- Zum anderen werden konkrete FuE-Anteile aus der laufenden Projektarbeit herausgelöst und zur Bearbeitung z.B. an ein Universitätsinstitut vergeben. Die Ergebnisse können im Sinne einer Multimodellanwendung für die Qualitätssicherung der gutachterlichen Aussagen der BAW verwendet und somit unmittelbar für die Gutachtenerstellung im Zusammenhang mit Planfeststellungsverfahren eingesetzt werden. Beispielhaft hierfür ist das durch BAW-Eigenmittel finanzierte Forschungsvorhaben „MorphoWeser“. Es dient der erweiterten Untersuchung ereignisgesteuerter Morphodynamik im Weserästuar und des Erosionsverhaltens kohäsiver Sedimente insbesondere im Blexer Bogen. Das Forschungsvorhaben wird derzeit in Kooperation mit dem Marum (Universität Bremen) sowie der TU Hamburg-Harburg durchgeführt. Die Ergebnisse werden unmittelbar in die neuen Gutachten der BAW zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenweser einfließen.

Darüber hinaus werden zahlreiche Forschungsaktivitäten im Rahmen der Vorlaufforschung durchgeführt. Die BAW bereitet sich so auf zukünftig wichtig werdende, neue Fragestellungen vor, wie etwa Fragen zu einer sinnvollen Anpassungsstrategie für den Betrieb und die Unterhaltung der Seehafenzufahrten bei anhaltendem Klimawandel. Hierfür finden derzeit verschiedene FuE-Aktivitäten im Rahmen des BMVI-Expertenetzwerkes sowie in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) oder dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) statt. Der Ressourcenaufwand für projektbegleitende FuE-Aktivitäten und Vorlaufforschung beträgt derzeit 25 % bis 30 % des Gesamtaufwands, den die BAW Dienststelle Hamburg im Rahmen ihrer gutachterlichen Tätigkeit leistet. Die FuE-Aktivitäten sind derzeit unverzichtbar für eine erfolgreiche, gerichts feste Begutachtung ausbaubedingter Wirkungen auf die abiotischen Systemparameter der Bundeswasserstraßen im Küstenbereich.

Die projektbeteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAW sind über viele Jahre an ein Projekt gebunden. Dies ist auf die langen Planungs- und Genehmigungszeiten großer Infrastrukturmaßnahmen in Deutschland zurückzuführen – mit Voruntersuchung, Machbarkeitsstudie, Umwelt-risikoeinschätzung, politischer Entscheidungsfindung, Hauptuntersuchung nach nationaler und internationaler Umweltgesetzgebung, Planfeststellung, Klageverfahren, Planänderungen, Ausführungsplanungen und Beweissicherung. So begannen beispielsweise die ersten Voruntersuchungen zur geplanten Fahrrinnenanpassung der Unter-

und Außenweser für die BAW bereits 1996. Heute – 20 Jahre danach – ist das Planfeststellungsverfahren durch das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG) vom 11. August 2016 weiterhin nicht abgeschlossen. Ähnliches gilt für die Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe. In den mündlichen Verhandlungen vor dem Bundesverwaltungsgericht zur Klage der Umweltverbände sind die grundlegenden BAW-Gutachten (aus den Jahren 2006) und die darin angewendeten Methoden und Verfahren vom Gegengutachter der Umweltverbände in den Mittelpunkt gerückt und angegriffen worden. Auch hier musste die BAW mit Nachdruck ihre Gutachten vor Gericht verteidigen. Das BVerwG hat sich in der mündlichen Urteilsverkündung am 9. Februar 2017 explizit zu den Gutachten und Prognosen der BAW geäußert: „Die Umweltverträglichkeitsuntersuchung und -prüfung leidet nicht an den von den Klägern geltend gemachten Mängeln. Ihre Einwände gegen die Prognosen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) zu den ausbaubedingten Änderungen von Hydrodynamik und Salztransport und der morphodynamischen Prozesse, zum Verbringungskonzept für Umlagerungen im Neuen Luechtergrund sowie zu den Änderungen der schiffserzeugten Belastungen und der Sturmflutkenngößen greifen nicht durch.“ Weitergehend wird zur Arbeitsweise der BAW ausgeführt, dass die von der BAW durchgeführten Untersuchungen keinen durchgreifenden rechtlichen Bedenken begegnen, sondern von maßgeblicher Bedeutung für die naturschutzrechtliche Beurteilung des Vorhabens sind.

#### **Vom 7. Senat des BVerwG wurden unter anderem die folgenden wesentlichen Aspekte für die Tragfähigkeit der BAW-Prognosen genannt:**

- Dass die BAW über das erforderliche Fach- und Erfahrungswissen zur Beurteilung der vorhabenbedingten Auswirkungen [...] verfügt, ist [...] nicht zweifelhaft. Wie u.a. die zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und Fachpublikationen belegen, verfügt die BAW über eine umfassende Kompetenz und Erfahrung auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus.
- Das BAW-Gutachten zu den ausbaubedingten Änderungen von Hydrodynamik und Salztransport beruht weder auf einem unzulänglich validierten Rechenmodell noch leidet es an methodischen Mängeln.
- Die BAW hat sich bei der Methodenwahl aus überzeugend dargelegten fachlichen Erwägungen für eine 3D-Modellierung mit fester Sohle über einen Zeitraum von zwei Wochen [...] entschieden.
- Die Prognose der BAW fußt zudem nicht allein auf den modellierten Rechenergebnissen, sondern umfasst eine fachwissenschaftliche Interpretation auf der Grundlage von wasserbaulichem Expertenwissen.
- Die BAW hat den Unschärfen der Untersuchung zudem dadurch Rechnung getragen, dass sie bei der Analyse und Prognose langfristiger Trends nicht nur die Ergebnisse der Simulationen beurteilt, sondern auch eine phänomenologische Betrachtung und Beschreibung der Morphodynamik durchgeführt hat.

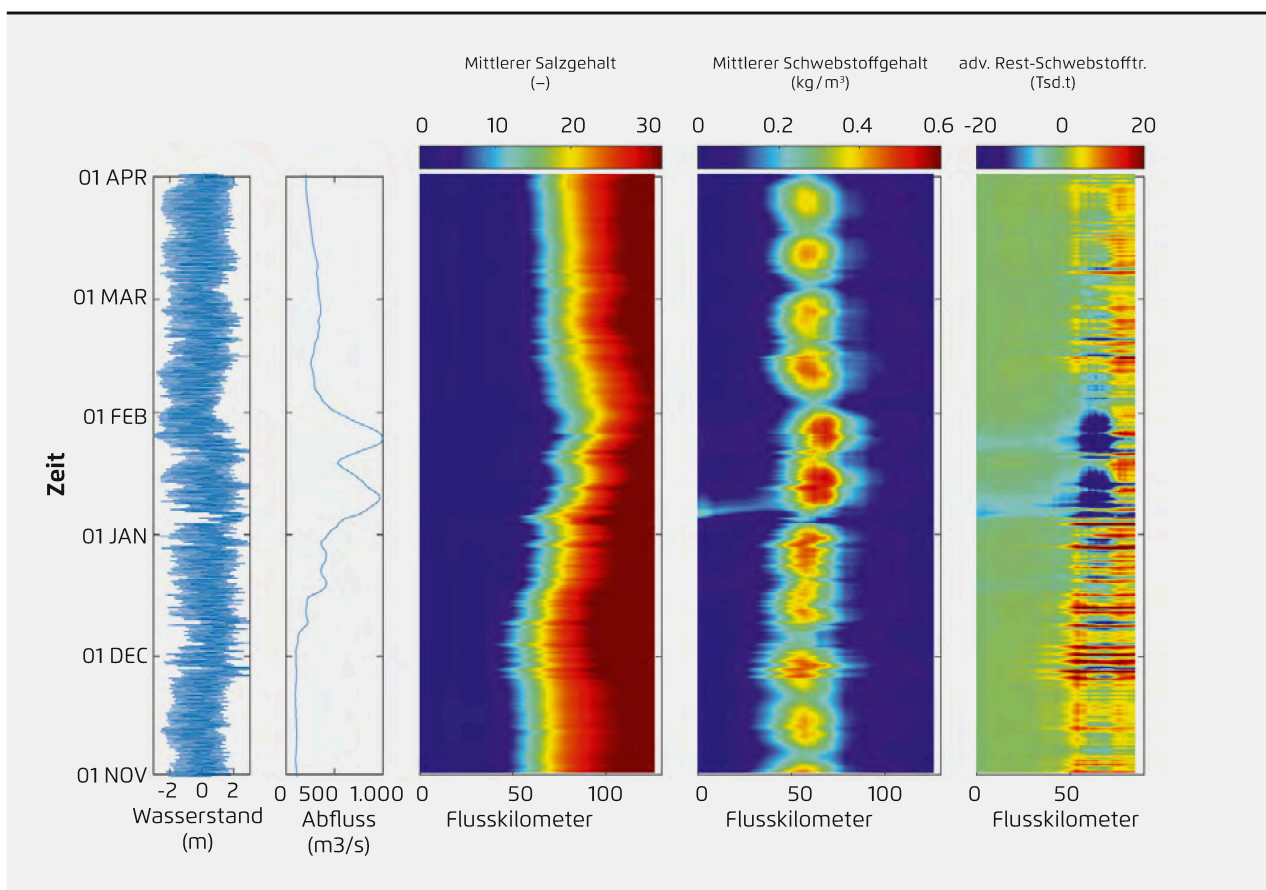
Die BAW Dienststelle Hamburg hat somit auch im Jahr 2016 zum wiederholten Mal die Belastbarkeit ihrer Gutachten und Prognosen unter Beweis stellen können. Bislang konnte in keinem Rechtsverfahren ein Mangel an den BAW-Prognosen festgestellt werden. Allerdings wurden nun erstmals auch in einer Urteilsbegründung des BVerwG nachvollziehbar die für die Juristen wesentlichen Aspekte und Anforderungen an die Prognosen der BAW genannt. Auch in den noch anhängigen Klageverfahren und laufenden Planfeststellungsverfahren wird sich die BAW, auch nach Abgabe der Gutachten, weiterhin stark engagieren müssen und sie ist angehalten, insbesondere die in wasserbaulichen Systemanalysen verwendeten Methoden und Verfahren weiterzuentwickeln. Dabei wird ein Fokus auf die Belastbarkeit der Prognosen zur morphologischen Langzeitwirkung von Ausbauvorhaben zu legen sein.

Die für die Genehmigungsverfahren geforderten Ansprüche an Untersuchungsumfang und -tiefe haben bereits in der Vergangenheit stetig zugenommen. Dieser Trend

wird sich fortsetzen. Derzeitige Politikempfehlungen des Umweltbundesamtes fordern für zukünftige Umweltverträglichkeitsprüfungen u. a. eine noch stärkere Berücksichtigung des Klimawandels. Der Prognosehorizont für Aussagen zum zukünftigen Zustand der Umwelt soll dabei auf die Lebensdauer des Vorhabens „beschränkt“ werden. Da die Lebensdauer von wasserbaulichen Maßnahmen mit beachtenswerten 30 bis 100 Jahren angegeben werden kann, käme zukünftig der Ermittlung von Langfristwirkungen eine hohe Bedeutung zu. Wie die Politik und ggf. die Gesetzgebung und Rechtsprechung auf die damit verbundene Prognoseunsicherheit reagieren wird, bleibt abzuwarten. Bereits heute treibt die lange Verfahrensdauer, gepaart mit der geforderten Aktualität und Belastbarkeit der Untersuchungsergebnisse, den Aufwand unwiderruflich in die Höhe.

Bild 4

**Das Simulationsergebnis zeigt die zeitliche und räumliche Veränderlichkeit von berechneten Tidekennwerten (mittlerer Salzgehalt, mittlerer Schwebstoffgehalt, advektiver Rest-Schwebstofftransport) in Abhängigkeit von Wasserstand und Abfluss im Weserästuar über den Zeitraum von fünf Monaten**









# Der Neckar

Ein Beitrag zu Erhaltung und Ausbau

Der Ausbau des Neckars zur Bundeswasserstraße vollzog sich zwischen 1921 und 1968. Die Fertigstellung des ersten Bauabschnittes 1935 machte den Flusslauf von Mannheim bis Heilbronn schiffbar, ehe mit dem zweiten Bauabschnitt 1958 der Anschluss des Stuttgarter Hafens erfolgte. In einem dritten Bauabschnitt wurde 1986 dann der Endhafen Plochingen erreicht.



Der Neckar wurde mit 27 Staustufen ausgebaut, deren Bausubstanz heute zwischen 40 und 80 Jahre alt ist. Auf einer Länge von 203 km überwinden diese insgesamt eine Höhendifferenz von rund 160 m. Die Schleusenanlagen bestehen bis Stuttgart aus Doppelschleusen, die je 110 m lang und 12 m breit sind. Oberhalb von Stuttgart sind Ein-Kammer-Schleusen in Betrieb. Die Wehranlagen am Neckar weisen die gleiche Altersstruktur auf und gewähren die Einhaltung der einzelnen Stauziele der 27 Stauhaltungen. Als Stauziel wird die beim Regelbetrieb zulässige Wasserspiegelhöhe bezeichnet. Diese gibt an, auf welchem Niveau sich der Wasserstand im Oberwasser des Wehres bewegen soll. Darüber hinaus übernehmen die Wehre die Hochwasserschutzfunktion und zusammen mit Wasserkraftwerken auch energiewirtschaftliche Aufgaben.

Am Neckar besteht jedoch nicht nur das Erfordernis, die relativ alten Bauwerke zu erhalten. Der Trend in der Binnenschifffahrt lässt zunehmend den Einsatz übergroßer Güterschiffe erkennen. Auf Rhein, Mosel, Saar und Main verkehren bereits Einzelfahrzeuge mit bis zu 135 m Länge. Frühere Untersuchungen bezüglich des Neckar-Ausbaus für übergroße Gütermotorschiffe haben einen hohen gesamtwirtschaftlichen Nutzen offenbart. Deshalb wurden am Neckar Erhaltung – also Instandsetzungsmaßnahmen – und Ausbau bzw. Verlängerungen einzelner Schleusen kombiniert.

Insgesamt gibt es viele Gründe, die Mitwirkung der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) an Projekten am Neckar für das Jahr 2016 exemplarisch darzustellen. So hat die BAW bereits 2009 mit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) eine Machbarkeitsstudie für Erhalt und Ausbau der Schleusenanlagen erarbeitet. Ziel war eine Standardisierung der instand

zu setzenden Neckarschleusen. Hierfür inspizierte eine Expertengruppe zunächst die gesamte Schleusenkette am Neckar und erstellte einheitliche Grundsätze und Systemlösungen für das Projekt „Verlängerung und Grundinstandsetzung der Schleusen am Neckar“. Zudem waren Erhaltung und Ersatz-Neubau ein Thema der Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter am Neckar. Auch hier wirkte die BAW beratend mit.

### Untersuchungen für den Erhalt der Schleusenanlage Besigheim

Von den Doppelschleusenanlagen am Neckar ist mindestens jeweils eine Kammer so instand zu setzen oder zu verlängern, dass die weitere Nutzungszeit der eines Neubaus entspricht. Die Schleuse Besigheim mit einer Hubhöhe von 6,3 m ist seit 1955 in Betrieb. Sie wurde am unteren Ende eines ca. 1 km langen, im Oberwasser gedichteten Schleusenkanals errichtet, der parallel zum Neckar verläuft. Die Wehranlage liegt ca. 600 m stromauf der Schleuse. Die Schleusenkammern aus Stahlbeton haben eine Nutzbreite von 11,88 m und eine Nutzlänge von 106,00 m. Aufgrund des sehr heterogenen Baugrundes ist die Gründung der Schleuse bereichsweise als Flachgründung, aber zum Teil auch als Tiefgründung mit Stahlpfählen (Bild 1) ausgeführt worden.

Im Gebiet der Schleuse Besigheim sind die ursprünglich anstehenden Gesteine des oberen Muschelkalks durch Neckar und Enz stark erodiert, sodass aufgrund der Geologie davon auszugehen ist, dass nur noch die unteren Teile des Oberen Muschelkalks vorhanden sind. Bereichsweise wurden auch die oberen Schichten des Mittleren Muschelkalkes freigelegt. Im Neckartal selbst sind die Gesteine des Muschelkalks in der Regel von Flusskiesen

Bild 1

### Querschnitt durch die Schleusenkammern Besigheim mit Tief- bzw. Flachgründung

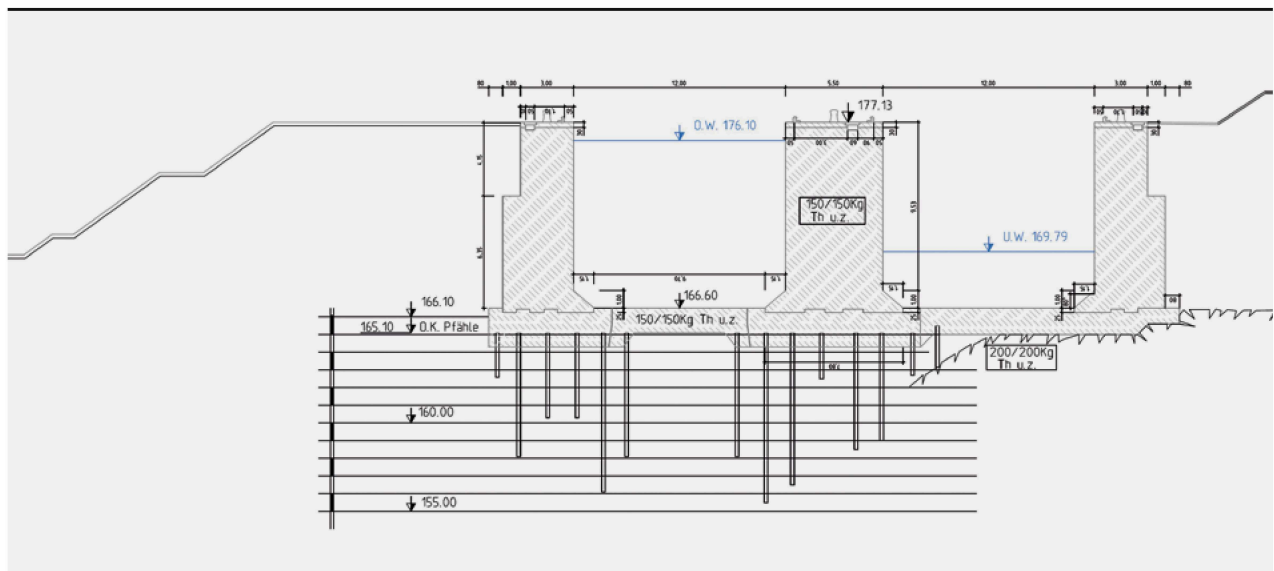






Bild 2: Kavernöser Dolomitstein  
aus dem Lauffen-Horizont

und nacheiszeitlichen Auekiesen überdeckt. Der Obere Muschelkalk wird von Kalkstein, Tonmergelstein und Mergelstein geprägt. Der Mittlere Muschelkalk besteht aus teilweise kavernösen Dolomitsteinen (Diemel-Formation) über löchrigem bis kavernösem Dolomitstein des Lauffen-Horizonts (Bild 2) gefolgt von den Oberen Sulfatschichten (Heilbronn-Formation) bestehend aus Anhydrit bzw. Gips mit Einschaltungen aus Ton- und Dolomitstein. Im Neckartal ist davon auszugehen, dass der Anhydrit durch die geringe Überdeckung in Verbindung mit der tektonischen Beanspruchung und der daraus resultierende Wasserwegsamkeit meist in Gips umgewandelt wurde.

Wie das gesamte Gebiet des Neckars um Heilbronn ist auch der Bereich der Schleuse Besigheim tektonisch beansprucht und von Störungen durchzogen. Zusätzlich ist der Mittlere Muschelkalk stark durch noch nicht abgeschlos-

sene Auslaugungsvorgänge charakterisiert, wodurch die Gesteine partiell aufgelöst werden und Hohlräume entstehen. Diese stürzen bei ausreichender Größe zusammen und werden mit Material der darüber liegenden Schichten oder Verstürzmassen gefüllt.

Die Referate Massivbau und Grundbau der BAW in Karlsruhe kamen während ihrer Untersuchungen bezüglich der in der Machbarkeitsstudie vorgeschlagenen Grundinstandsetzung zu folgendem Ergebnis: Die statischen Defizite in Kombination mit dem oben beschriebenen Baugrund in Besigheim ermöglichen keine praktikable und wirtschaftliche Instandsetzung einer der beiden Schleusenkammern. Daher beschloss die WSV, basierend auf der Empfehlung der BAW, die rechte Kammer der Schleuse Besigheim durch einen Neubau zu ersetzen. Infolge der topografischen Situation kann die neue Schleusenkammer maximal um eine halbe Kammerbreite Richtung Land verschoben werden. Das Referat Schiff/Wasserstraße überprüfte aus nautischer Sicht mögliche Schleusenlagen. Außerdem war zu beachten, dass die neuen Häupter, d. h. die Teile der Schiffschleuse, welche die Schleusentore aufnehmen, aus geometrischen Gründen nicht neben den alten Häuptern errichtet werden können. Gemäß der durchgeführten Überprüfung und mit dieser Randbedingung blieben nur drei Varianten zur Diskussion: eine Schleuse für maximal 110 m lange Schiffe in Richtung Oberwasser bzw. in Richtung Unterwasser verschoben oder eine Schleuse für übergroße Güterschiffe mit 135 m Länge. Um zu klären, ob aus geotechnischen Gründen eine der drei Varianten zu bevorzugen wäre, wurde 2016 eine zweite Bohrkampagne realisiert. Diese ergänzte die Baugrunderkundung aus dem Winter 2010/2011, die für den ursprünglich geplanten Ausbau des Neckars durchgeführt worden war. Ende 2016 wurde auf politischer Ebene beschlossen jeweils eine Schleuse zwischen Mannheim und Plochingen zu verlängern, sodass die beiden Varianten mit 110 m nun nicht mehr zur Diskussion stehen.

Insgesamt wurden 17 zusätzliche Kernbohrungen erforderlich, von denen acht Stück im Wasser lagen und vom Ponton aus gebohrt werden mussten (Bild 3). Zwei der Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Zusätzlich wurden zwei quartäre Grundwassermessstellen hergestellt und je sieben Druck- und Rammsondierungen ausgeführt. Die Bewertung der Bohrkerne durch das Referat Grundbau bestätigte den extrem heterogenen und ungünstigen Aufbau des Baugrundes.



Bild 3: Erkundungsbohrung im unteren Vorhafen der  
Schleuse Besigheim

Um die Standsicherheit der verbleibenden linken Kammer beurteilen zu können, gab das Amt für den Neckarausbau Heidelberg (ANH) eine statische Nachrechnung in Auftrag. Diese hatte zunächst hohe Defizite in der Konstruktion und in der Gründung zum Ergebnis. Eine Überprüfung seitens des Referats Massivbau ergab jedoch, dass sowohl ungünstige Lastannahmen getroffen als auch unrealistische Zuordnungen zu Bemessungssituationen vorgenommen worden waren. Infolgedessen wurde eine Neuberechnung angeregt. Zu diesem Zweck erstellte die BAW genaue Vorgaben zu den unterschiedlichen Lastannahmen und deren Kombination in maßgebenden Bemessungssituationen. Als Grundlage wurde das 2016 neu eingeführte BAW Merkblatt „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender massiver Wasserbauwerke (TbW)“ vereinbart.

Mit diesen Vorgaben konnten die Defizite der linken Kammer erheblich reduziert werden. Verbleibende Tragfähigkeitseinschränkungen können u. a. durch betriebliche Maßnahmen kompensiert werden. Zum Beispiel, indem verhindert wird, dass gleichzeitig Eisbildung bei Oberwasser und ein Unterwasserstand in der Nachbarkammer auftreten. Auf diese Weise lässt sich eine Kippgefährdung der unbewehrten Mittelmole ausschließen.

### Schwingende Schleusentore

Für die Instandsetzung der Neckarschleusen sind standardisierte Schleusentore entwickelt worden. An einigen dieser Tore konnte das ANH Schwingungserscheinungen sowohl beim Entleeren als auch beim Befüllen der Kammer feststellen. Schwingungsursache, Schwingungsamplitude und Schwingungsfrequenz waren zum Zeitpunkt des ersten Auftretens allerdings noch unklar.



Bild 4: Platzierung des Beschleunigungsaufnehmers für die Schwingungsmessungen

Die erste Messung zur Lokalisierung der Schwingungsanregung wurde am Untertor Neckargemünd durchgeführt. Federführend war hierbei das Referat Technischer Support, unterstützt durch das Referat Stahlbau und Korrosionsschutz, sowie das Referat Wasserbauwerke der BAW (Bild 4). Im Zuge der gemeinsamen Auswertung zeigte sich, dass die Schwingungsanregung bei kleiner Öffnungsweite im Bereich der Kopfdichtung der Füll- und Entleerungsschütze hervorgerufen wird. Erste durchgeführte Maßnahmen, wie etwa eine Stützung der Kopfdichtung durch ein gekröpftes Blech oder die Reduzierung des Spaltes zwischen Stauwand und Schütz durch eine aufgeschraubte Leiste, waren nicht zielführend. Das Tor schwang weiterhin mit einer Amplitude von etwas über einem Millimeter und einer Frequenz von etwa 40 Hz. In einem zweiten Schritt erfolgte nunmehr die Aussteifung der freien Staublechkante oberhalb der Schützöffnung. Diese Maßnahme wurde 2016 messtechnisch überprüft. Die Messungen belegten, dass durch die Aussteifungen eine Minimierung der Schwingungen erzielt werden konnte. Die Schwingungsamplitude wurde auf ein Hundertstel des ursprünglichen Wertes abgesenkt und ist damit nicht mehr schadensrelevant. Für die im Jahr 2016 noch im Bau befindlichen Stemmtore für die Schleuse Hessigheim wurden schon im Herstellerwerk die Aussteifungen oberhalb der Schützöffnung angeordnet. Auch die Schwingungsmessungen am Stemmtor in Hessigheim bestätigten, dass die Aussteifung des Stauwandbleches oberhalb der Schützöffnung eine zielführende Maßnahme ist (Bild 5). Daher soll bei den noch zu bauenden Standardtoren für die Neckarschleusen die Stauwand mit mindestens drei Vertikalsteifen ausgesteift werden. Um die Steifen sinnvoll in das Standardtor zu integrieren, sind allerdings noch weitere konstruktive Änderungen erforderlich.



Bild 5: Aussteifung Obertor Hessigheim





Bild 6: Verankerung der Kammerwände der Schleuse Aldingen

### Beton – Hart, aber auch sensibel

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Standardisierung der Neckarschleusen-Verlängerung hat die BAW Empfehlungen zur Schleuseninstandsetzung erarbeitet. Diese sind aktuell Grundlage für die unmittelbar vor der Bauphase befindlichen Schleusen Aldingen, Feudenheim, Hirschhorn, Lauffen und Untertürkheim (Bild 6). Die BAW berät das ANH hier baubegleitend zu ausgewählten Fragestellungen hinsichtlich Baustoffauswahl und Bauausführung. Eine wichtige Aufgabe sind Kontrollprüfungen vor der Bauausführung. Hierbei untersucht die BAW die wesentlichen Betonrezepturen auf die von den Baufirmen zugesicherten Eigenschaften. In ihrer Beratungsfunktion legt die BAW einen weiteren Schwerpunkt auf die Sicherstellung einer ausreichenden Mischungsstabilität der verwendeten Betone. Dieser Beratungsschwerpunkt ist auf eine in den letzten Jahren bundesweit zu beobachtende Tendenz zurückzuführen: Vor allem bei Betonen mit weicherer Konsistenz, aber auch bei Betonen mit bestimmten Zusatzmitteln sind Entmischungserscheinungen zu beobachten, wenn sie unter Eintrag von Verdichtungsenergie eingebaut werden. In der Konsequenz kann es zu einem Absacken der gröberen Gesteinskörnung innerhalb einer Betonierlage oder eines Betonierabschnittes kommen. Ebenso besteht die Gefahr, dass sich an den vertikalen

**BAW-Untersuchungen unterstützen den Erhalt der Schleusanlagen am Neckar.**



Bauteilflächen minderfeste und / oder dauerhaftigkeitskritische Bereiche ausbilden. Die diesbezüglich bei den Baumaßnahmen am Neckar gewonnenen Erfahrungen fließen aktuell in die Überarbeitung der entsprechenden WSV-Regelwerke ein.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes von WSV und BAW soll die linke Kammer der Doppelschleuse Schwabenheim unter Betrieb instandgesetzt werden. Instandsetzung unter Betrieb am Neckar bedeutet, dass alle wesentlichen Baumaßnahmen innerhalb einer täglichen Sperrzeit von 12 Stunden durchgeführt werden. Die verbleibenden 12 Stunden ist das Bauwerk für den Schiffsverkehr geöffnet. Bei der Schleuse Schwabenheim soll der Beton an den wasserseitigen Flächen der Häupter, der Kammerwände und der Sohle abgetragen werden. Ziel ist es, diesen durch einen dauerhaften Ort beton oder durch Betonfertigteile zu ersetzen. Zudem werden der Umbau des Füllsystems, der Austausch der Tore und die Erneuerung der Schleusenausrüstung angestrebt. Die BAW hat entsprechende Vorüberlegungen vom ANH und von Ingenieurbüros intensiv begleitet. Nachdem die grundsätzliche Machbarkeit einer Instandsetzung unter Betrieb nachgewiesen werden konnte, sollen Planung und Durchführung der umfassenden Instandsetzungsmaßnahmen nun im Rahmen eines wettbewerblichen Dialogs erfolgen. Hinter dieser Vergabeform steht der Plan, bei einer Instandsetzung unter Betrieb das Knowhow der bauausführenden Firmen bereits in der Planung zu berücksichtigen, aber auch die bauausführende Firma in das Planungsrisiko einzubinden.

### Geohydraulische Beratung beim Ersatzneubau von Wehren am Neckar

Im Rahmen des Ersatzneubaus der Wehre Beihingen und Neckarsulm hat das Referat Grundwasser das ANH bei grundwasserhydraulischen Fragestellungen beraten. Das über 100 Jahre alte Neckarwehr Beihingen soll durch einen Neubau rund 55 m oberstrom des bestehenden Wehres ersetzt werden. Die neue Wehranlage ist mit drei Wehrfeldern, einem Restwasserkraftwerk sowie einer Fischauftiegsanlage geplant. Gegründet wird die neue Wehranlage in den an der Talsohle des Neckartals anstehenden Festgesteinen des Oberen Muschelkalks. Seitlich des neuen Wehres stehen oberhalb des Festgesteins quartäre Flusssedimente an. Diese bestehen aus Terrassensanden und -kiesen und werden von bindigen, sandig-schluffigen Auelehmen überlagert.

Das zunächst erstellte Baugrubenkonzept beinhaltet eine wasserdichte Umschließung der Teilbaugruben für die Wehrfelder sowie eine Sohldichtung der Baugruben durch eine Unterwasserbetonsohle, die im unterlagernden Fels rückverankert ist. Als Alternative wird eine Variante ohne Sohldichtung der Baugruben untersucht. Die vom Referat Grundwasser durchgeführten geohydraulischen Untersuchungen dienten als Grundlage für den Variantenvergleich.

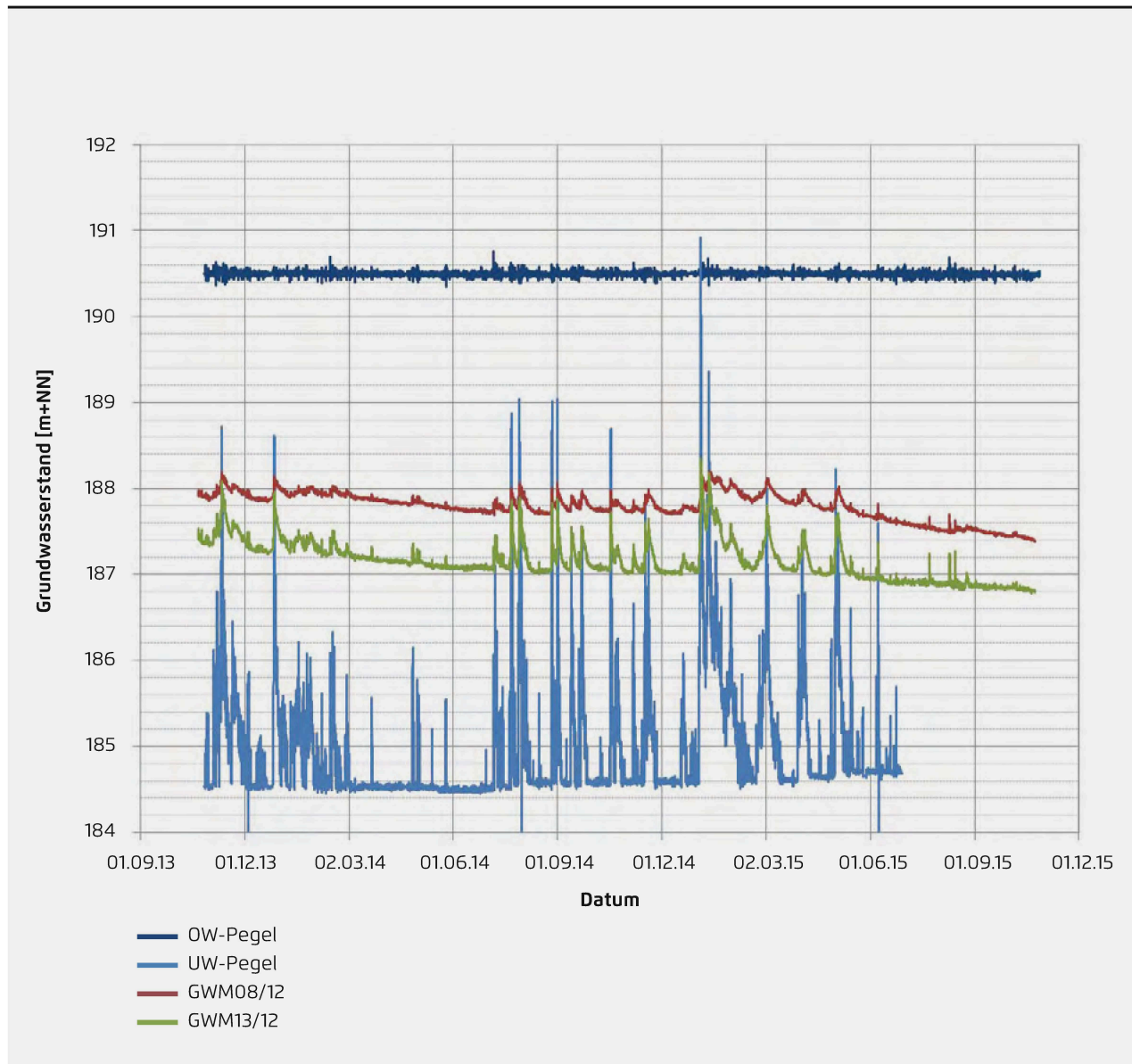
Neben geohydraulischen und geophysikalischen Versuchen fanden auch geotechnische Erkundungen statt. Letztere dienten der geohydraulischen Charakterisierung des Baugrundes im Bereich und im Umfeld der Baumaßnahmen. Zur Auswertung der durchgeführten Untersuchungen wurde ein fundierter, von einem geotechnischen Büro erarbeiteter Bericht herangezogen. Über einen Zeitraum von zwei Jahren wurden die aufgezeichneten Wasserstandsganglinien von sieben Grundwassermessstellen ausgewertet, um die Grundwasserverhältnisse im Bereich des geplanten neuen Wehres zu beurteilen. Ein wesentlicher Aspekt hierbei ist die Ermittlung des Sohlwasserdrucks, der auf die Wehranlage wirkt. Zur Beantwortung dieser Frage sind jedoch lediglich zwei im Festgestein verfilterte Messstellen geeignet. Beide Messstellen befinden sich im Oberwasser des bestehenden Wehres. Das in den Messstellen aufgezeichnete Grundwasserpotenzial liegt unter dem Oberwasserstand, aber erwartungsgemäß auch deutlich über dem Unterwasserstand (Bild 7). Inwieweit das Grundwasserpotenzial im Festgestein vom Neckarwasserstand im Unterwasser des vorhandenen Wehres abhängt, kann anhand von Messungen beurteilt werden, die während der in der Beobachtungsperiode aufgetretenen Hochwasserereignisse durchgeführt wurden.

Ausgehend von der geohydraulischen Charakterisierung hat das Referat Grundwasser bestimmte Angaben für die Baugrubenvariante ohne rückverankerte Unterwasserbetondichtung gemacht. Die Angaben bezogen sich unter anderem auf die erforderliche Tiefe der Baugrubenumschließung, den Grundwasserzufluss zur Baugrube sowie die maßgebenden Sohlwasserdrücke für den Betriebszustand (ständige Bemessungssituation) und den Revisionszustand (trockengelegte Wehrsohle – vorübergehende Bemessungssituation). Mit dem Ziel die Angaben zu verifizieren und zu präzisieren, wurde die Empfehlung ausgesprochen, zusätzliche Grundwassermessstellen im klüftigen Festgestein zu erstellen. Im Auftrag des ANH wurden diese zwischenzeitlich nach den Angaben des Referates Grundwasser hinsichtlich Anordnung und Ausbau realisiert.

Das im Jahr 1925 fertiggestellte Wehr Neckarsulm soll ebenfalls durch einen Neubau ca. 100 m oberstrom des bestehenden Wehres ersetzt werden. Das Referat Grundwasser wurde diesbezüglich ebenfalls vom ANH damit beauftragt, geohydraulische Untersuchungen entsprechend denen für das Wehr Beihingen durchzuführen. Auch hier sollen die Untersuchungen dazu dienen, die geeignetste Baugrubenvariante herauszufinden und charakteristische Grundwasserstände festzulegen, um die Grundwasserdrücke auf die Baugrubenumschließung und die Wehranlage zu ermitteln. Zusätzlich umfasst die Beratungsaufgabe des Referates Grundwasser an diesem Standort die Beurteilung, wie sich die Baumaßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse auswirken. Das Augenmerk gilt dabei vorhandenen Grundwasserverunreinigungen und Trinkwasserfassungen im Umfeld der geplanten Wehranlage.

Bild 7

## Ganglinien der Grundwassermessstellen im Festgestein sowie der Ober- und Unterwasserpegel des bestehenden Wehres Beihingen







Ökologische



# Durchgängigkeit

**Der Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage –  
eine Herausforderung für Planung und Forschung**

Wie kann gewährleistet werden, dass Fische den Einstieg einer Fischaufstiegsanlage finden? Wie muss das Einstiegsbecken einer Fischaufstiegsanlage gestaltet sein, damit Fische dieses ohne Verzögerungen durchschwimmen können? Das sind Fragen, die die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Referat Wasserstraße und Umwelt der Bundesanstalt für Wasser (BAW) in ihrem Arbeitsalltag beschäftigen.



Hinter diesen Fragen steht der gesetzliche Auftrag, die ökologische Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen wiederherzustellen. Viele Fischarten sind darauf angewiesen, sich zwischen Gewässerabschnitten frei bewegen zu können, um z. B. Laich- oder Nahrungshabitate zu erreichen. Eine Vielzahl von Querbauwerken, wie z. B. Wehre, in den deutschen Fließgewässern macht es Fischen und anderen aquatischen Lebewesen häufig jedoch unmöglich, in stromauf gelegene Lebensräume zu gelangen. Der Bau von Fischaufstiegsanlagen an den Staustufen der Bundeswasserstraßen soll die Vernetzung von Lebensräumen und damit die Populationsentwicklung einheimischer Fischarten fördern und die Entwicklung der ursprünglichen Artengemeinschaften der Gewässer ermöglichen. Hintergrund dieser Anstrengungen ist die europäische Wasser Rahmenrichtlinie aus dem Jahr 2000. Diese fordert die EU-Mitgliedstaaten auf, Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Bedingungen in heimischen Fließgewässern durchzuführen. Ziel ist es, ein sogenanntes „gutes ökologisches Potenzial“ bei erheblich veränderten Gewässern bzw. einen „guten ökologischen Zustand“ bei natürlichen und naturnahen Gewässern zu erreichen.

Seit der Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes im Jahr 2010 ist die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) dafür zuständig, an den Bundeswasserstraßen Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit umzusetzen. In ihrer Funktion als fachwissenschaftlicher Dienstleister berät und unterstützt die BAW die WSV-Dienststellen auch in Fragen der ökologischen Durchgängigkeit. Nach heutigem Kenntnisstand wird das Verhalten der Fische wesentlich von den Strömungsverhältnissen beeinflusst. Insofern ist eine enge Kooperation zwischen den Biologen der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und den Ingenieuren der BAW ein Schlüsselfaktor bei der Bearbeitung der Aufgabe. Durch gemeinsame interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsprojekte beider Behörden können offene Fragen, die sich aus dem jetzigen Stand der Technik sowie aus der Planungspraxis ergeben, zielführend angegangen werden.

### Der Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage

Durch theoretische Überlegungen sowie praktische Erfahrungen an bereits bestehenden Fischaufstiegsanlagen konnte die folgende wichtige Erkenntnis gewonnen werden: Eine Bestandserhaltung und -entwicklung gelingt bei Fischen, die regelmäßig über eine oder mehrere Staustufen wandern müssen, in der Regel nur, wenn ein sehr großer Anteil der Fische die Aufstiegsanlagen ohne Zeitverzögerung findet und überwindet. Die Auffindbarkeit einer Fischaufstiegsanlage spielt dabei insbesondere an den großen Flüssen eine zentrale Rolle – zumal die Abmessungen des Einstiegs einer Fischaufstiegsanlage im Vergleich zur Größe des Gewässers relativ klein sind. Da sich Fische primär an der Strömung orientieren, ist es wesentlich, dass

ein für die Fische erkennbares hydraulisches Signal an der Fischaufstiegsanlage vorhanden ist. Wie dieses hydraulische Signal genau charakterisiert werden kann, ist Gegenstand laufender Untersuchungen. Die Wissenschaft geht derzeit davon aus, dass es insbesondere in großen Flüssen von Bedeutung ist, die Strömung aus der Fischaufstiegsanlage durch eine zusätzliche, künstliche Wasserzugabe (Dotationswasser) in das Einstiegsbecken der Fischaufstiegsanlage zu verstärken. Der Dotationsabfluss, der in die Fischaufstiegsanlage eingeleitet wird, kann den Betriebsabfluss der eigentlichen Fischaufstiegsanlage dabei um ein Mehrfaches übersteigen. Von daher muss gewährleistet sein, dass der Fisch nicht dem Pfad des größeren Dotationsabflusses, sondern zielgerichtet dem weiteren Verlauf der Fischaufstiegsanlage folgt. Zu diesem Zweck ist in der Regel eine Einschwimmbarriere, wie z. B. ein Rechen, vorgesehen. Dieser soll verhindern, dass Fische in das Dotationsbecken einschwimmen (siehe Bild 1). Trotz der Einschwimmbarriere besteht die Unsicherheit, dass die am Rechen vorhandene Hydraulik die Fische in ihrem Aufstiegsverhalten negativ beeinflusst. Während das Dotationswasser in der Regel aus dem Oberwasser der Staustufe entnommen wird, befindet sich das Einstiegsbecken der Fischaufstiegsanlage auf dem Niveau des Unterwassers der Staustufe. Als Konsequenz ergibt sich im Dotationswasser überschüssige hydraulische Energie in der Größenordnung der Staustufenfallhöhe. Demnach besteht die Gefahr, dass eine verbesserte Auffindbarkeit im Unterwasser der Stauanlage mit einer Verschlechterung der Passierbarkeit des Einstiegsbereichs der Fischaufstiegsanlage einhergeht. Dies gilt es zu vermeiden. Gegenwärtig gibt es keine vertieften Kenntnisse darüber, welche Wirkung eine auf engen Raum begrenzte Zugabe größerer Wassermengen auf die aufwandernden Fische hat. Es ist zwar bekannt, dass die Orientierung der Fische von verschiedenen Strömungseigenschaften, wie beispielsweise Fließgeschwindigkeiten oder Turbulenzen, beeinflusst wird. Jedoch gibt es kaum Untersuchungen, die sich mit den Zusammenhängen zwischen hydraulischen Parametern und Fischverhalten auseinandersetzen – insbesondere für spezielle Bauteile einer Fischaufstiegsanlage. Das bisherige Wissen reicht somit bei Weitem nicht aus, um konkrete Planungsempfehlungen für den Bau der hydraulisch besonders komplexen Dotationsbereiche zu geben.

An diesem Punkt setzen die Untersuchungen der BfG und der BAW an. In den Versuchshallen der BAW wurden zwei Versuchsstände realisiert, die die Beantwortung dieser Frage zum Ziel haben. In einem rein hydraulischen Modell wurden auf Grundlage fischökologischer Kriterien bauliche Lösungen erarbeitet, die direkt in die Planung laufender Fischaufstiegsanlagen einfließen. Zusätzlich wurden ethohydraulische Versuche mit Fischen im Labor durchgeführt, um wichtige Erkenntnisse über das Fischverhalten im Einstiegsbecken einer Fischaufstiegsanlage zu erlangen. Beide Modelluntersuchungen werden nachfolgend beschrieben.

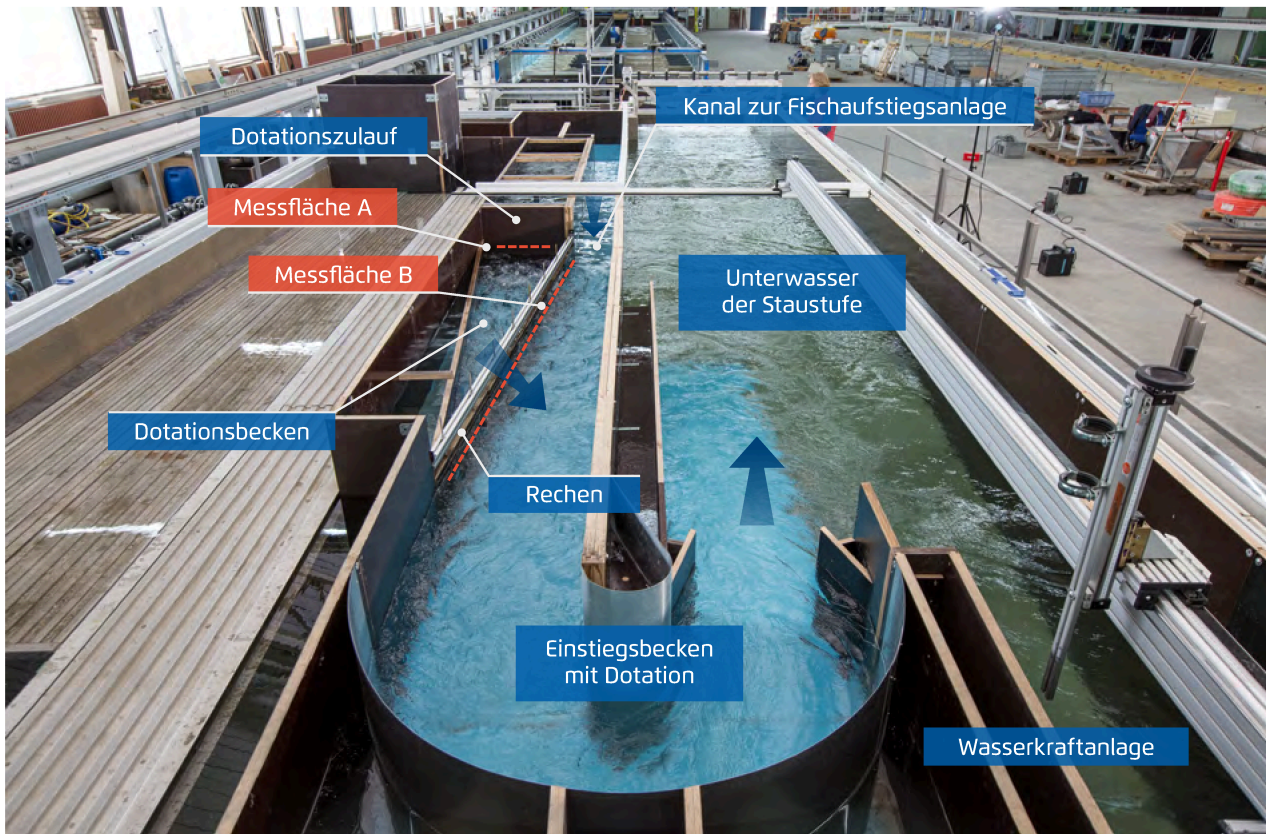


Bild 1: Gegenständliches Modell zur Optimierung der gleichmäßigen und beruhigten Einleitung von Dotationswasser in den Einstiegsbereich einer Fischaufstiegsanlage

### Gegenständliche Modellversuche zur Untersuchung der Hydraulik in Dotationsbecken

Ziel der gegenständlichen Modelluntersuchungen im Maßstab 1 : 5 ist es, eine gleichmäßige und ruhige Durchströmung des Rechen zu gewährleisten. Seitens der beteiligten Biologen bestand die Vorgabe, dass der Rechen möglichst gleichmäßig mit einer zur Rechenfläche orthogonalen Geschwindigkeit von 0,2 m/s durchströmt wird. Für das weitere Ziel einer beruhigten Strömung liegen in der aktuellen Literatur keine Grenzwerte vor, sodass im Rahmen der Untersuchungen eine „möglichst geringe“ Turbulenzintensität angestrebt wurde.

Gegenstand der Untersuchungen im Jahr 2016 war die Funktion eines spitzwinkligen Dotationsbeckens (Bild 1)

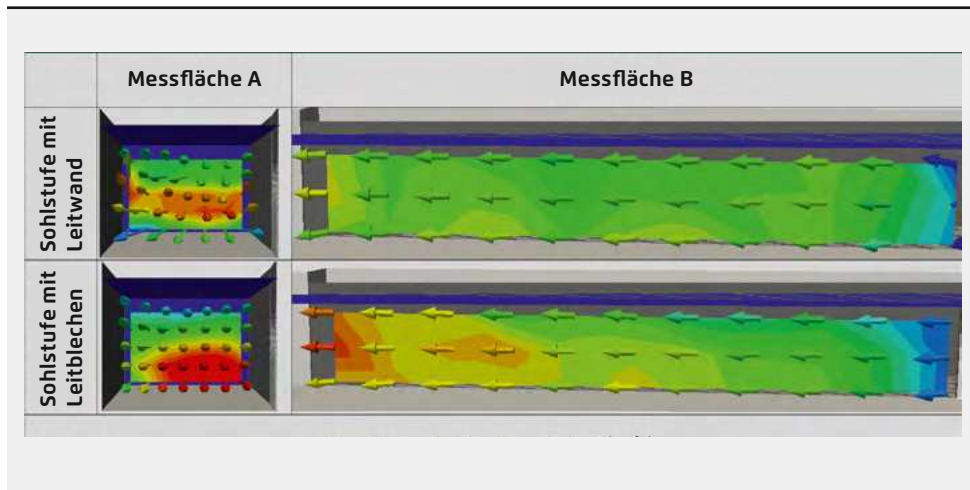
unter verschiedenen Zulaufbedingungen. Letztendlich sind nur die für den Fisch erfahrbaren Geschwindigkeiten hinter dem Rechen relevant. Jedoch zeigten die Untersuchungen, dass der Zulauf zum Dotationsbecken einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse besitzt. Bild 2 veranschaulicht exemplarisch das mittels einer Geschwindigkeitssonde aufgenommene Strömungsfeld hinter dem Rechen – für einen ungünstigen und einen optimierten Zulauf zum Dotationsbecken.

Mit Hilfe der durchgeführten Versuche konnte das generelle Verständnis für die bauliche Gestaltung der Zugabe des Dotationsabflusses in einer Fischaufstiegsanlage erweitert werden. Zudem war es möglich, die erarbeiteten Lösungen in laufende Planungen von Fischaufstiegsanlagen zu integrieren.



Bild 2

**Darstellung von Anströmsituation (Messfläche A) und Geschwindigkeitsverteilung hinter dem Rechen eines spitzwinkligen Dotationsbeckens (Messfläche B) für eine günstige (oben) und eine eher ungünstige (unten) Situation**



### Ethohydraulische Modelluntersuchungen

Die hydraulischen Modelluntersuchungen haben Folgendes gezeigt: Ein spitzwinkliges Dotationsbecken eignet sich unter bestimmten Zulaufbedingungen, um eine Strömung am Rechen zu gewährleisten, die die fischökologischen Vorgaben erfüllt. Vor dem Hintergrund dieser Resultate wurde in enger Zusammenarbeit mit der BfG ein ethohydraulischer Versuchsstand entworfen (Bild 3). Ethohydraulik bezeichnet das Fachgebiet, welches die Interaktion zwischen Strömung und dem Verhalten von Tieren, in der Regel Fischen, näher betrachtet. Im Sinne dieser Definition ist das wesentliche Ziel dieser Untersuchungen, die Passage der Fische dort zu beobachten, wo das Dotationswasser in den Einstiegsbereich eingeleitet wird. Daran anknüpfend wird eine bauliche Optimierung dieses Bereichs angestrebt. Gemäß heutigen Kenntnissen soll der Einstieg einer Fischaufstiegsanlage möglichst nah am Querbauwerk bzw. Wanderhindernis platziert werden.

Im Regelfall steht in diesem Bereich häufig nur wenig Platz zur Verfügung. Bauliche Lösungen sind somit teuer. Aus diesem Grund wurden in dem ethohydraulischen Versuchsstand zwei unterschiedlich lange Rechenlösungen getestet. Bei einem kürzeren Rechen treten bei gleichen Dotationsabflüssen höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf, was das potenzielle Risiko einer Desorientierung der Fische erhöht. Durch die unterschiedlichen Rechenlängen wurde die orthogonale Geschwindigkeit am Rechen variiert. Neben dem in den hydraulischen Versuchen zu Grunde gelegten Geschwindigkeitswert von 0,2 m/s testeten die Wissenschaftler auch den doppelten Wert von 0,4 m/s.

Die Konzeption der Versuche und die anschließende Durchführung zwischen April und November 2016 erfolgten in Zusammenarbeit mit den Biologen der BfG. Die Fische dafür wurden per Elektrofischfang in geeigneten Gewässern oder in der Reuse der Fischaufstiegsanlage Iffezheim gefangen. Sowohl die Fangzeiten der Fische als



Bild 3: Blick vom Beobachtungsstand in die 2,5 m breite Ethohydraulik-Laborrinne in der BAW Karlsruhe; Versuch mit Nasen, Fließrichtung von links nach rechts, Versuchsanordnung „langer Rechen“

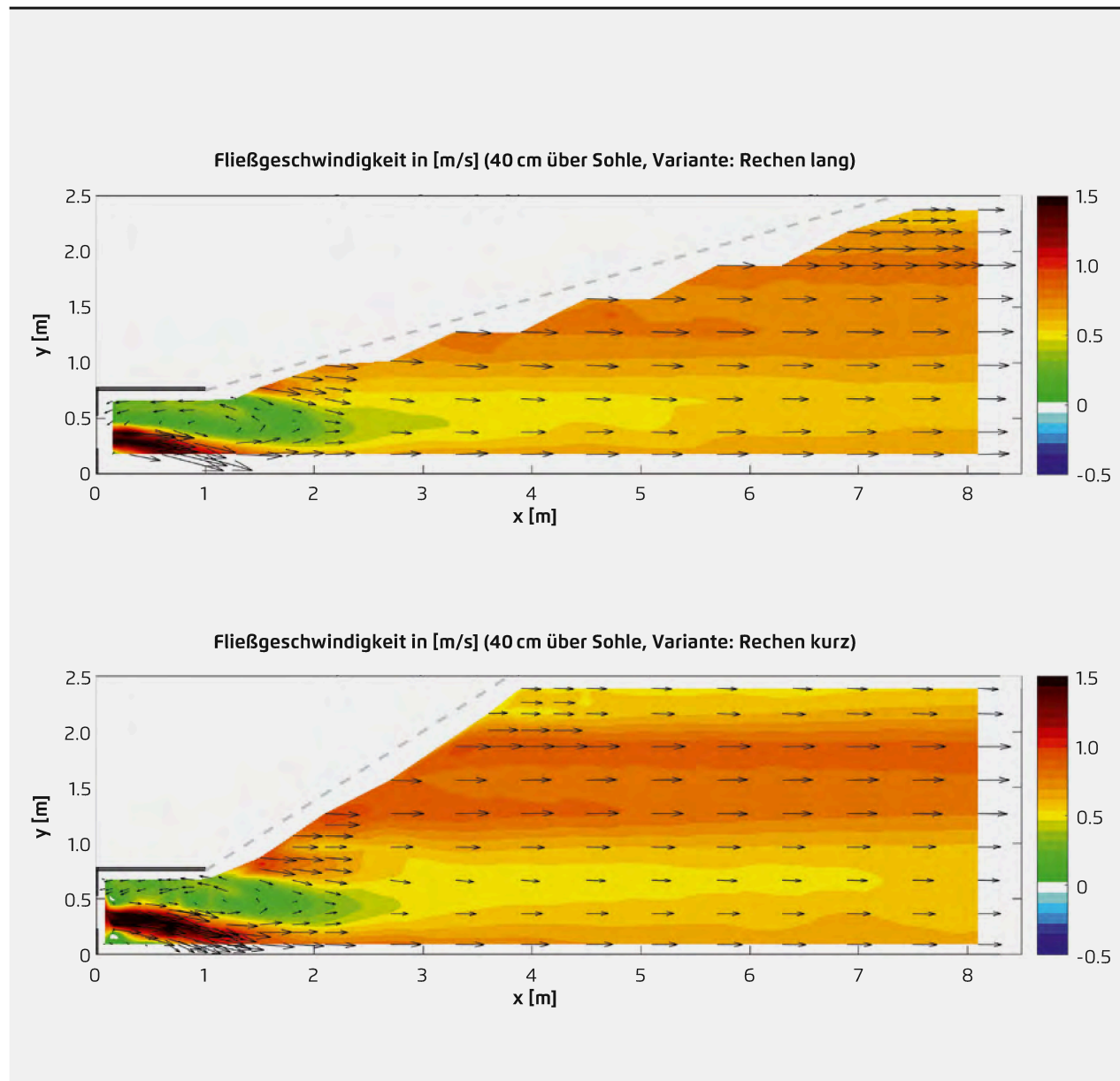
auch die Versuchszeiten orientierten sich dabei an der für die jeweilige Fischart charakteristischen Wanderperiode. In den Versuchen kamen fünf verschiedene Fischarten zum Einsatz: Nase (*Chondrostoma nasus*), Gründling (*Gobio gobio*), Schneider (*Alburnoides bipunctatus*), Rotaugen (*Rutilus rutilus*) und Bachforelle (*Salmo trutta*). Im Zuge der Versuche durchschwammen insgesamt rund 500 Fische, in Gruppen zu jeweils drei Individuen, den Versuchsstand. Die Messung der Zeit bis zur Passage einer vorab definierten Ziellinie, aber auch manuelles Protokollieren des Schwimmverhaltens sowie Videoaufnahmen dienten der Dokumentation des Fischverhaltens. Für die Videoaufnahmen wurde entlang der Glaswand der Versuchsrinne ein photogrammetrisches Messsystem aufgebaut – bestehend aus zehn Weitwinkelkameras, die im Abstand von rund 1 m außen an der Glaswand angebracht waren. Anhand der sich überlappenden Kameraaufnahmen können anschließend die Positionen der Fische im Raum errechnet und in Verbindung mit den vorherrschenden

hydraulischen Bedingungen der jeweiligen Modellanordnung analysiert werden. Um einen Eindruck über die im Versuchsstand vorherrschenden Strömungsverhältnisse zu vermitteln, sind in Bild 4 exemplarisch für die beiden Versuchsanordnungen die Fließgeschwindigkeiten in einer Messebene 40 cm über der Sohle mit langem und mit kurzem Rechen dargestellt. Hierbei handelt es sich um mittlere Geschwindigkeiten, das heißt die Werte der Einzelmessungen pro Messpunkt wurden über die Zeit gemittelt. Dies ist insofern wichtig, als dass ein aufsteigender Fisch an einem bestimmten Punkt im Raum zu einem gegebenen Zeitpunkt die augenblicklich vorhandene Geschwindigkeit wahrnimmt. Der Mittelwert stellt demnach ein wichtiges Maß für die Einschätzung der vorhandenen Strömungssituation dar. Im Sinne einer Interpretation des Fischverhaltens ist dieser allerdings zu kombinieren mit den analysierten Schwankungen der Geschwindigkeitswerte an einem bestimmten Punkt.



Bild 4

**Gemessene Fließgeschwindigkeiten in [m/s] und Fließvektoren in der Messebene  $z = 40$  cm über der Sohle für die Ausprägungen „Rechen lang“ (oben) und „Rechen kurz“ (unten). Fließrichtung von links nach rechts.**



Aus Bild 4 geht hervor, dass das Strömungsfeld der beiden Versuchsanordnungen grundsätzlich vergleichbar ist, wenn auch die Geschwindigkeiten für den Versuch mit dem kurzen Rechen leicht erhöht sind. Die maximalen resultierenden Geschwindigkeiten am Rechen betragen dabei etwa 1 m/s. Die Grenzwerte für die orthogonalen Komponenten der lokalen Geschwindigkeiten von 0,2 m/s am langen Rechen und 0,4 m/s am kurzen Rechen werden im Wesentlichen eingehalten. Die gestrichelte Linie im oberen Bereich von Bild 4 zeigt die Zuströmung durch den Rechenquerschnitt, während die Zuströmung im linken unteren Bereich die anschließende Fischaufstiegsanlage repräsentiert. Wie in realisierten Fischaufstiegsanlagen häufig anzutreffen, schließt sich oberstrom des Einstiegsbereichs im Modell ein durchströmter Schlitz an, durch den die Fische ihren Weg stromauf fortsetzen. Bild 4 verdeutlicht, dass durch diesen Schlitz das Wasser mit erhöhter Geschwindigkeit in den Untersuchungsbereich des Modells strömt. Infolgedessen ist der Zufluss durch einen Wasserstrahl gekennzeichnet, der sich nach kurzer Fließstrecke an die dem Rechen gegenüberliegende Wand anlehnt. Die maximale Fließgeschwindigkeit des Wasserstrahls wurde 30 cm unterstrom des Schlitzes gemessen und betrug 1,5 m/s, was dem üblichen Bemessungswert in einer Fischaufstiegsanlage an einem größeren Fließgewässer entspricht. Beidseits des Strahls befinden sich Rückströmbereiche. Diese weisen eine Bedeutung für die Durchwanderbarkeit des Schlitzes auf, da häufig zu beobachten ist, dass die Fische den Schlitz von der Seite her kommend passieren.

Die Auswertungen der Untersuchungen in Bezug auf das Fischverhalten sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Insofern können noch keine endgültigen Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses des Rechens und der Geschwindigkeit am Rechen dargestellt werden. Grundsätzlich zeigen die bisherigen Auswertungen jedoch, dass das Versuchs- und Auswertedesign geeignet ist, um eine Empfehlung für die Planungspraxis ableiten zu können.

Das in den Versuchen beobachtete Verhalten der getesteten Fischarten offenbarte Unterschiede beim Durchschwimmen des Untersuchungsbereichs. Ob diese so signifikant sind, dass Schlussfolgerungen daraus gezogen werden können, ist Gegenstand weiterer Auswertungen. So schwammen beispielsweise die Nasen deutlich zügiger durch den Modellbereich als die restlichen Arten. Gründlinge hingegen verblieben nach erfolgreicher Passage des Rechenabschnitts vergleichsweise lange im Nahbereich des Schlitzes. Nähere Angaben zu den Versuchen finden sich in den Ausführungen von Schütz und Henning (2017).

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Herstellung der Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen stellt eine enorme Herausforderung für Planung und Forschung dar – insbesondere für die an großen Fließgewässern bestehenden Verhältnisse. Aufgrund des derzeit gültigen Kenntnisstands wird davon ausgegangen,

dass der vorhandene Betriebsabfluss in einer Fischaufstiegsanlage nicht ausreicht, um eine für den Fisch wahrnehmbare Leitströmung zu erzeugen. Vielmehr wird ein zusätzlicher Abfluss im unteren Bereich der Fischaufstiegsanlage als erforderlich angesehen. Auf diese Weise kann eine Verstärkung der Leitströmung im Unterwasser der Stauanlage erreicht werden. Trotz dieser fischökologischen Einschätzung existieren weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der Frage, wie Fische auf verschiedene Strömungssituationen im Unterwasser einer Stauanlage reagieren. Aus diesem Grund planen BfG und BAW fischökologische Untersuchungen zum Fischverhalten an ausgewählten Pilotanlagen an Weser, Neckar und Main. Die Ergebnisse der hier vorgestellten hydraulischen und ethohydraulischen Modelluntersuchungen fließen dabei direkt in die Planungen der Pilotanlagen ein. Auf Basis der Resultate können die Wissenschaftler sicherstellen, dass die Leitströmung im Unterwasser der Fischaufstiegsanlage durch die Zugabe von Dotationswasser verstärkt wird, ohne jedoch die Passage der Fische im Einstiegsbereich nachteilig zu beeinflussen.

Auch wenn die endgültige fischökologische Bewertung der dargestellten Varianten im ethohydraulischen Versuch noch aussteht, zeigen die hydraulischen wie auch ethohydraulischen Experimente die generelle Umsetzbarkeit der untersuchten baulichen Lösung. Die Resultate der hydraulischen Versuche liefern zudem Hinweise, wie zukünftig das Dotationsbecken einer Fischaufstiegsanlage im Hinblick auf seine Funktionsfähigkeit und bauliche Optimierung dimensioniert werden kann. Die hydraulischen wie auch ethohydraulischen Versuche werden im Jahr 2017 fortgeführt. Bei den hydraulischen Modelluntersuchungen besteht das mittelfristige Ziel, für eine möglichst große Bandbreite an Randbedingungen einen Bemessungsstandard zu erarbeiten. Der ethohydraulische Versuch befasst sich in seiner nächsten Fragestellung damit, wie die Geschwindigkeit im Einstiegsquerschnitt einer Fischaufstiegsanlage die Passage-Wahrscheinlichkeit verschiedener Fischarten beeinflusst.

### Literaturverzeichnis

- Czerny, R., Schütz, C. (2017): Ethohydraulische Versuche zur Untersuchung der Passierbarkeit von Einstiegsbecken in Fischaufstiegsanlagen. Tagungsunterlagen HTG Kongress 2017, Duisburg, 13.-15. September 2017.
- Fiedler, G. (2016): Bauweisen für die beruhigte und gleichmäßig verteilte Durchströmung eines spitzwinkligen Dotationsbeckens. In: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (Hrsg.): Schlüsselfragen bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Fischaufstieg. Kolloquiumsreihe der BAW und BfG – Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der BWaStr. Karlsruhe, 08.-09. Juni 2016. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW); Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), S. 77–84.
- Schütz, C., Henning, M. (2017): Verhaltensversuchen mit Fischen: Auswirkungen der Dotationszugabe auf die Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen. Tagungsunterlagen 28. SVK – Fischereitagung, Fulda, 13. und 14. März 2017.





# Building Information Modeling (BIM)

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) will den Planungs- und Bauprozess in Deutschland reformieren, um in der Vergangenheit aufgetretene Probleme zukünftig zu vermeiden. Eine Empfehlung der dafür eingesetzten Reformkommission Bau von Großprojekten lautet: Konsequenter Einsatz von Building Information Modeling (BIM). Mit dem bekannten Slogan „Erst digital, dann real bauen“ will das BMVI der Bauwirtschaft durch Digitalisierung einen großen Innovationsschub verleihen.

Mit BIM soll der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerks mittels digitaler Bauwerksmodelle dargestellt werden. Von der Planung über die Ausführung bis zum Betrieb und den Rückbau des Bauwerks können alle Lebensphasen digital abgebildet werden. Das Bauwerksmodell ist als virtueller Prototyp nicht ein Gesamtmodell aller Fachdisziplinen, sondern setzt sich aus einzelnen Fachmodellen zusammen. Kern der Methodik sind Daten und Attribute, die mit den dreidimensionalen Bauteilen verknüpft werden. Aus dieser modellbasierten Datenverwaltung heraus können die projektrelevanten Dokumente abgeleitet werden. Es müssen somit keine separaten Zeichnungen und Listen parallel gepflegt werden, sondern etwaige Änderungen werden im Modell durchgeführt. Daraus abgeleitete Dokumente sind somit wieder auf dem aktuellen Stand. Durch die integrale Zusammenarbeit an diesen Bauwerks-

modellen können Planungsfehler schneller entdeckt oder vermieden werden. Beispielsweise können Mengen aus dreidimensionalen Modellen ermittelt und Kollisionsprüfungen durchgeführt werden. Mit den hochwertigen digitalen Modellen wird auch eine präzise Überwachung des Baufortschritts und der Kosten möglich. Das angestrebte Ziel ist eine größere Kosten- und Termsicherheit.

Die Bauwerksmodelle sollen auch für die Betriebsphase weitergenutzt werden. Durch den Bauherren oder späteren Nutzer werden idealerweise bereits zu Beginn des Vorhabens Anforderungen an die erforderlichen Informationen, die später für Betrieb und Unterhaltung benötigt werden, formuliert.

Mit BIM ist auch eine innovative, moderne Außenwirkung verbunden. Es werden Vorteile bei der Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen von Planungsprozessen und bei der Gewinnung von Nachwuchskräften erwartet.

Für Infrastrukturprojekte im Bereich des BMVI wurde der Weg zur Digitalisierung des Planungs- und Bauprozesses durch einen Stufenplan Digitales Planen und Bauen ausformuliert. Die Einführung von BIM wird danach über einen zeitbezogenen, schrittweise ansteigenden Grad der Implementierung bis hin zum Leistungsniveau I umgesetzt. Die zwingenden Kriterien für Leistungsniveau I sind



- 1: 3D-Bestandsmodell der Schleuse Wedtlenstedt – Vogelperspektive
- 2: 3D-Bestandsmodell der Schleuse Wedtlenstedt – Kammer Richtung Unterwasser
- 3: 3D-Bestandsmodell der Schleuse Wedtlenstedt – Unterhäupter

Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA), eine digitale Bearbeitung, herstellerneutrale Austauschdaten, ein BIM-Abwicklungsplan (BAP) und eine gemeinsame digitale Informations-Austausch-Umgebung. Aktuell läuft die erweiterte Pilotphase (zweite Stufe), in der eine steigende Anzahl von Verkehrsinfrastrukturprojekten mit einzelnen BIM-Anforderungen des Leistungsniveaus I durchgeführt wird. Ab Ende 2020 beginnt mit der dritten Stufe die breite Implementierung des Leistungsniveaus I. Die Umsetzung des Stufenplans wird von einem vom BMVI beauftragten Forschungs-Konsortium BIM4INFRA begleitet und betreut. Ziel des Forschungsauftrags ist, die Potenziale und ggf. Grenzen der im Stufenplan avisierten Einführung von BIM aufzuzeigen. Grundlage hierfür sind die Pilotprojekte. Somit ist ihr Erfolg ein Maß der Implementierungsmöglichkeit des BIM-Leistungsniveaus I ab Ende 2020.

Zur erweiterten Pilotphase des Stufenplans des BMVI gehört ein Pilotprojekt der Wasserstraßen- und Schiffsverkehrsverwaltung des Bundes (WSV). Es handelt sich dabei um den Ersatzneubau der Westkammer der Schiffsschleusenanlage Wedtlenstedt. Die Schleuse liegt im Zuge des Stichkanals nach Salzgitter im Zuständigkeitsbereich des Wasserstraßen-Neubauamtes Braunschweig. Das Neubau-projekt wird vom Neubauamt für den Ausbau des Mittel-landkanals in Hannover (NBA) durchgeführt.

Die WSV will das Pilotprojekt nutzen, um BIM-Erfahrungen zu sammeln. Als Schwerpunkte wurden die Koordination der Fachplaner und der unterschiedlichen Gewerke sowie die Unterstützung der Bauablaufplanung identifiziert. Zusätzlich ist angestrebt, Bestandsdaten für Betrieb und Unterhaltung konsequent digital aus dem Planungsprozess zu gewinnen.

Das Referat Erhaltung und Hochbau der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist im Lenkungsausschuss und im Projektteam des WSV-Pilotprojektes vertreten. Sie leitet im Projektteam das „Teilprojekt Fachliche Standards“. Zu den Aufgaben gehören die Vernetzung mit Wissenschaft und anderen BIM-Anwendern, die Vertretung in nationalen und internationalen BIM-Gremien, die Formulierung von fachlichen Standards, die Erstellung von Bauteilbibliotheken und der Aufbau einer Wissensplattform.

Bei der Einarbeitung in die Thematik wurde deutlich, dass einerseits die Technologie zur konsequenten Umsetzung von BIM bereits zur Verfügung steht, andererseits die Einbindung der über Jahrzehnte gewachsenen Strukturen und Prozesse in der Baubranche eine besondere Herausforderung darstellt. Nach wie vor verlaufen große Teile des alltäglichen Informationsaustausches in der Baubranche analog auf Papierbasis. Ein hohes Maß an Redundanz sowie ein enormer und somit fehleranfälliger Kraftaufwand zur Sicherstellung eines aktualisierten Informationsstands aller Beteiligten stellen die gegenwärtige Realität dar. Die erfolgreiche Abwicklung der BIM-unterstützten Pilotprojekte kann somit nur einen ersten, richtigen Schritt darstellen. Damit BIM auch mittel- bis langfristig Einzug in das Bauwesen findet, gilt es die wesentlichen Bauprozesse zu identifizieren, einheitlich zu formulieren und standardisiert in eine Softwareplattform zu implementieren. Die BAW steht der WSV dafür als Berater zur Seite. Zum Auftakt wurde eine Prozessanalyse im NBA Hannover eingeleitet, in der die Beteiligten, deren Rollen, Interaktionen und Informationsaustausche für den jeweiligen signifikanten Projektprozess identifiziert werden. Der Fokus dieser Betrachtung liegt in der Identifikation der für die Entscheidungsmomente relevanten Informationsanforderungen, die sich in zwei Kategorien unterteilen: Die relevanten Informationsanforderungen im Planungs- und Bauprozess und in Betrieb und Unterhaltung. Um diese Informationen standardisiert zu verwalten, werden sie nach Objektkriterien und offenen Datenstandards in Form von Bibliotheken abgebildet. Ziel der BAW ist es, in der WSV einen Standard für die Dokumentation der für die Entscheidungen relevanten Informationen in den jeweiligen Projektphasen von Initiierung, Planung und Ausführung von Wasserbauprojekten zur Unterstützung des Projektmanagements zu entwickeln. Idealerweise kommen dabei offene Datenformate zum Einsatz. Eine entsprechende Initiative zur internationalen Standardisierung im Bereich des Verkehrswasserbaus wurde von der BAW in die Wege geleitet.





# Feste Wehre an Bundeswasserstraßen

## Untersuchungen zur Machbarkeit sowie Empfehlungen zur Umsetzung

Steuerbare (bewegliche) Wehre regeln bis zu einem bestimmten Abfluss den Oberwasserstand, stellen ausreichende Wassertiefen für die Schifffahrt sicher und erlauben die Freigabe des Abflussquerschnitts bei Hochwasser. Um den Unterhaltungsaufwand zu reduzieren, könnten bewegliche durch feste Wehre ersetzt werden, insbesondere an wenig befahrenen Wasserstraßen, also außerhalb des Kernnetzes. Dies setzt allerdings voraus, dass die Anforderungen an Mindestwasserstände gesenkt und eine gewisse Variabilität der Wasserstände in Kauf genommen werden können oder diese Änderungen, ggf. unter ökologischen Gesichtspunkten, sogar erwünscht sind. In diesem Zusammenhang wurde die BAW vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur beauftragt, Empfehlungen zu festen Wehrtypen zu erarbeiten und die entsprechenden hydraulischen Grundlagen sowie Musterlösungen bereitzustellen. In Frage kommen bereits etablierte Wehrtypen wie Streichwehre oder Sohlenrampen, sowie neuere Wehrtypen wie Labyrinth-Wehre oder Piano-Key-Wehre.

Streichwehre wurden bereits im Mittelalter genutzt, um das Gewässer aufzustauen und die daraus resultierende Fallhöhe zum Betrieb einer Mühle zu nutzen. Bild 1 zeigt beispielhaft das 210 m lange und nahezu parallel zur Fließrichtung angeordnete Streichwehr in Würzburg am Main. Die im Vergleich zu einer orthogonalen Anordnung deutlich längere Krone hat eine geringere Überfallhöhe zur Folge, woraus sich zwei Vorteile ergeben: Die hydraulische Belas-

tung auf den Wehrrücken ist geringer und die Schwankungen des Oberwasserspiegels sind kleiner. Die BAW hat rund 50 Streichwehre in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) hinsichtlich Querschnitt, Lage und Aufbau analysiert. Im BAWiki ([wiki.baw.de](http://wiki.baw.de)) sind neben Ergebnissen dieser Bestandsaufnahme Gestaltungskriterien und hydraulische Bemessungsgrundlagen zu finden. Es wird dort auf den Stand von Technik und Wissenschaft eingegangen, ergänzt um Ergebnisse eigener Untersuchungen. Des Weiteren werden Hinweise zur Herstellung und Unterhaltung von Streichwehren sowie zur ökologischen Durchgängigkeit gegeben.

Aufgrund örtlicher Randbedingungen lassen sich Streichwehre nicht immer realisieren. In einem solchen Fall besteht die Möglichkeit, die oben genannten Vorteile durch eine im Grundriss „gefaltete“ Überfallkrone zu erzielen. Bei gleicher lichter Weite kann so die fünf- bis siebenfache Abflussmenge im Vergleich zu einem senkrecht angeströmten Wehr abgeführt werden. Die einfachste Form stellt das Labyrinth-Wehr dar. Es besteht ausschließlich aus vertikalen Wänden, benötigt jedoch in Fließrichtung eine relativ große Aufstandsfläche. Eine Weiterentwicklung dieses Wehrtyps ist das Piano-Key-Wehr. Im Gegensatz zum Labyrinth-Wehr sind hier die Wände zum Ober- bzw. Unterwasser hin geneigt. Durch die reduzierte Aufstandsfläche eignet sich das Piano-Key-Wehr besonders für Talsperren, bei denen der zur Verfügung stehende Raum durch die Kronenbreite



2



3

- 1: Streichwehr an der Mainstaustufe Würzburg  
2: Piano-Key-Wehr auf der Staumauer  
„Barrage de Charmines“ am Fluss L'Oignin in Frankreich  
3: Visualisierung eines Labyrinth-Wehres für einen  
Standort an der Ilmenau

limitiert ist. Alleine in Frankreich wurden seit 2006 mehr als 10 Hochwasserentlastungsanlagen von Talsperren mit Piano-Key-Wehren ertüchtigt, um den gestiegenen Bemessungshochwasserabflüssen Rechnung zu tragen. Bild 2 zeigt die Barrage de Charmines in Frankreich.

Trotz intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gibt es bisher vergleichsweise wenige Untersuchungen von Labyrinth- und Piano-Key-Wehren an Stauufen. Typischerweise steigt hier mit zunehmendem Abfluss der Unterwasserstand an. Im Fokus der Untersuchungen stand daher die Frage, ob der hydraulische Vorteil gefalteter Wehre auch bei rückstaubeeinflussten Verhältnissen gegeben ist. Vor dem Hintergrund dieser Frage wurden im Labor der BAW verschiedene Geometrien von gefalteten Wehren untersucht. Zur Terminologie ist anzumerken, dass die einzelnen, sich stetig wiederholenden geometrischen Elemente der Labyrinth- und Piano-Key-Wehre als „Keys“ bezeichnet werden: „Inlet-Keys“ sind zum Oberwasser und „Outlet-Keys“ zum Unterwasser geöffnet. Die Untersuchungen zeigten, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit der Piano-Key-Wehre etwas höher ist als die der Labyrinth-Wehre. Im Modellversuch war auch zu beobachten, dass sich beim Labyrinth-Wehr in den Outlet-Keys die Überfallstrahlen gegenseitig beeinflussen und daraus lokal ein Rückstau einfluss entsteht. Dieser geringe hydraulische Nachteil kann aber gegenüber dem Vorteil der einfacheren Herstellung in Kauf genommen werden. Unter den im Labor

untersuchten Labyrinth-Wehren erwies sich der trapezförmige Grundriss als die hydraulisch günstigste Geometrie.

Neben der Abflusskapazität stellt sich die Frage, wie sich Labyrinth-Wehre bei der Durchgängigkeit von Feststoffen verhalten. Die Verklausung durch Treibholz, Eis oder Sedimente kann die Abflusskapazität verringern und zu einem zusätzlichen Aufstau im Oberwasser führen. Beide Aspekte sind für die Dimensionierung, die Anlagensicherheit und die Unterhaltung von Wehren von Bedeutung.

Die Methodik bei den Treibholzuntersuchungen orientierte sich an vorangegangenen Versuchen, welchen eine Schwemmholzanalyse aus der Schweiz zugrunde lag. Betrachtet wurden die zwei für die WSV aussichtsreichsten Lösungen: das trapezförmige und das rechteckförmige Labyrinth-Wehr. Hier konnte ein geringer Energiehöhenanstieg im Oberwasser festgestellt werden. Die Versuche zeigten weiterhin, dass das Treibholz bei größeren Abflüssen mobilisiert und ins Unterwasser abtransportiert wird. Einen nicht unerheblichen Einfluss hat dabei die Holzdichte: Stark gesättigte Hölzer, welche sohlennah auf das Wehr zutreiben, konnten teilweise auch bei hohen Abflüssen nicht abgeführt werden.

Bei Eisuntersuchungen mit Modelleisschollen aus Polyethylen wurden verschiedene Konzentrationen, Größen, Geometrien und Abflussbedingungen betrachtet. Dabei stellte sich heraus, dass die Eisschollen zwar bei geringen Abflüssen fast vollständig im Oberwasser zurückgehalten werden, es mit steigendem Zufluss und damit verbundener steigender Überfallhöhe schließlich zum Eisabgang kommt.

Für die Sedimentuntersuchungen wurden Modellsedimente verwendet, die sich in Dichte und Korndurchmesser unterschieden. Dabei konnte ein Selbststräumeffekt des Labyrinth-Wehrs beobachtet werden, der je nach Sedimenttyp bei unterschiedlichen Abflüssen einsetzte. Der Sedimentabtrag beginnt dabei im Einstrombereich der Inlet-Keys, in denen es aufgrund der Strömungsablösung zu erhöhten Fließgeschwindigkeiten und verstärkter Turbulenz kommt. Folglich werden Sedimente, die bis in den Nahbereich der Wehranlage gelangen, durch den Selbststräumeffekt über das Wehr ins Unterwasser transportiert.

Mit den oben beschriebenen hydraulischen Grundlagen wurden verschiedene Standorte in der WSV betrachtet und geprüft, ob bewegliche Wehre durch feste Wehre ersetzt werden können. Bild 3 zeigt eine Visualisierung für ein Labyrinth-Wehr an der Ilmenau, welches in Zukunft anstatt eines Nadelwehres den Oberwasserstand stützen könnte. Zurzeit werden die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst; es ist geplant, sie in der Reihe **BAW**Mitteilungen zu veröffentlichen. Eine Empfehlung zur Wahl geeigneter fester Wehrtypen wird ebenfalls erarbeitet, in welcher auch Lösungen in typischen Musterumgebungen dargestellt werden sollen. Die BAW steht der WSV bei weiteren Projekten dieser Art als Berater zur Seite.





## Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

Im Rahmen des Bundesprogrammes „Blaues Band Deutschland“ sind zukünftig verstärkt Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung von Bundeswasserstraßen vorgesehen. Im Mittelpunkt stehen Renaturierungen im Bereich der ca. 2.800 km Nebenwasserstraßen, die nur noch wenig oder gar nicht mehr von der Berufsschifffahrt genutzt werden, und die Schaffung vernetzter „ökologischer Trittsteine“ im Bereich der viel befahrenen Strecken des sogenannten Hauptnetzes. Damit trägt der Bund in Zusammenarbeit mit den Ländern den neuen ökologischen Anforderungen an Wasserstraßen Rechnung, die im Jahr 2000 in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie formuliert wurden.

Eine Möglichkeit für ökologische Aufwertungen zur Schaffung von mehr Lebensraum für Tiere und Pflanzen im Uferbereich ist der Rückbau der in der Regel vorhandenen technischen Schüttsteindeckwerke oder deren Ersatz durch umweltfreundlichere technischbiologische Ufersicherungsmaßnahmen. Das sind Maßnahmen, die entweder nur aus Pflanzen oder aus einer Kombination aus Pflanzen und technischen Komponenten bestehen. Die BAW untersucht seit einigen Jahren, wie Pflanzen mit ihren Wurzeln den Uferschutz gewährleisten können und in welchem Umfang technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen anwendbar sind. Dabei geht es primär um deren Dimensionierung, Einbau, Belastbarkeit, Langzeitstabilität, Unterhaltung, Kosten und ökologische Bewertung. Die Bearbeitung dieser komplexen ingenieurtechnischen und ökologischen Fragestellungen erfolgt interdisziplinär mit

der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Das Ziel ist die Erarbeitung von Dimensionierungsgrundlagen, Arbeitshilfen und Regelwerken für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Gegenwärtig steht der Ende 2011 in Zusammenarbeit mit dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mannheim begonnene Naturversuch am Rhein bei Worms im Mittelpunkt der Untersuchungen (Bild 1). Am rechten Ufer werden von km 440,6 bis km 441,6 neun verschiedene Ufersicherungsmaßnahmen unter Verwendung von Pflanzen an einem Wasserstraßenabschnitt getestet, der durch eine hohe Schifffahrtsbelastung (ca. 120 Güterschiffe pro Tag) und große Wasserspiegelschwankungen (> 6 m) gekennzeichnet ist. In vier Versuchsfeldern wurde die Steinschüttung oberhalb Mittelwasser entfernt und durch neue Maßnahmen ersetzt: Weidenspreitlagen (Bild 2), Röhrichtgabionen, Steinmatten und Pflanzmatten. In weiteren vier Feldern werden verschiedene Möglichkeiten der ökologischen Aufwertung der vorhandenen, nicht zurückgebauten Steinschüttungen getestet: Eine Begrünung mit Weidenetzständen (Bild 3), Weidenfaschinen, Busch- und Heckenlagen, eine Strukturverbesserung mit Kies, großen Einzelsteinen und Todholzfachchinen, eine Begrünung mit Alginat und einer Nassansaat sowie verbesserte Wuchsbedingungen für Röhrichte durch einen Steinwall. Um zum Vergleich die Entwicklung des ungeschützten Ufers beurteilen zu können, blieb die Uferböschung im stromab letzten Versuchsfeld nach Rückbau der Steinschüttung ohne Schutzmaßnahmen.





- 1: Naturversuch am Rhein (im Vordergrund Versuchsfelder mit Weidenspreitlagen, Juli 2015)
- 2: Naturversuch – Weidenspreitlagen im Juni 2012 (ein Jahr nach Einbau)
- 3: Naturversuch – Begrünte Steinschüttung mit vorgelagertem Steinwall im Juli 2013 (eineinhalb Jahre nach Einbau)
- 4: Naturversuch – Wurzelgrabung im Bereich der Pflanzmatten (gute Durchwurzelung des Geotextilvlieses nach fünf Jahren)



Der Naturversuch wird von einem umfassenden technischen und ökologischen Monitoring begleitet, das in seiner ersten Stufe 2017 nach sechs Jahren Betriebszeit endet. Ergänzend zu regelmäßigen Uferinspektionen wurden die Uferveränderungen fotografisch und in Querprofilaufnahmen dokumentiert. Die ufernahen hydraulischen Einwirkungen und Reaktionen im Boden (Porenwasserüberdrücke) wurden in einzelnen Messkampagnen ermittelt. Mehrfach wurden Vegetationsaufnahmen und faunistische Untersuchungen (Fische, Makrozoobenthos, Laufkäfer, Spinnen, Reptilien, Vögel) durchgeführt. Unter anderem konnten wichtige Erkenntnisse zur Gewährleistung des Uferschutzes durch verschiedene Wurzelgrabungen (Bild 4) gewonnen und Anwendungsgrenzen einzelner Bauweisen ermittelt werden. Die Ergebnisse werden in einem Bericht dokumentiert und 2018 in einem Fachkolloquium vorgestellt.

Neben dem Naturversuch wurden bereits umfangreiche Labor- und Modellversuche an verschiedenen Weidenarten durchgeführt – Wachstumsversuche zur Beurteilung der Wurzelentwicklung; Scherversuche, in denen eine erste Abhängigkeit der Scherfestigkeitserhöhung von der Wurzeltrockenmasse pro m<sup>3</sup> Boden ermittelt wurde; Filterversuche und Belastbarkeitsversuche in dem in der BAW vorhandenen Wellenbecken an unterschiedlich alten Weidenspreitlagen.

Alle bisherigen Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt sind in einem speziell zu dieser Thematik eingerichteten Internetportal veröffentlicht (<http://ufersicherung.baw.de/de>). Die aus dem Naturversuch vorliegenden Erkenntnisse und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die getesteten Uferschutzmaßnahmen – Weidenspreitlagen, Röhrichtgabionen, vorkultivierte Pflanzmatten und begrünte Steinschüttungen – waren Grundlage für die hier u. a. abrufbaren speziellen Kennblätter. Sie geben Hinweise und

Empfehlungen zu Aufbau, Konstruktion, Bauausführung, Wirkungsweise und Belastbarkeit, Unterhaltung und zum ökologischen Potenzial der Bauweisen.

Die vorliegenden Forschungsergebnisse sind bereits in ein erstes, auf der sicheren Seite liegendes Bemessungskonzept für Ufersicherungen unter Verwendung von Pflanzen eingeflossen, das mit dem DWA-Merkblatt M-519 „Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern“ seit März 2016 zur Verfügung steht. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat mit Erlass vom 02.01.2017 auf die Anwendung des Merkblattes bei Planungen an Bundeswasserstraßen hingewiesen und das Merkblatt in das „Technische Regelwerk Wasserstraßen“ aufgenommen. Inzwischen wurde die für technische Deckwerke von der BAW mit einem Softwarebüro entwickelte Software „GBBSOft“ überarbeitet und entsprechend erweitert. Mit der neuen Software „GBBSOft+“ ist zusätzlich eine Bemessung von technisch-biologischen Ufersicherungen nach der im Merkblatt M-519 empfohlenen Vorgehensweise möglich.

Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Weitere Forschungen sind erforderlich, wie zum Beispiel die in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut Oberhausen begonnene Entwicklung definierter und vollständig abbaubarer Geotextilien zur Verwendung als temporäre Filter in technisch-biologischen Ufersicherungen. Aber mit den bisher vorhandenen Unterlagen stehen für die im Rahmen des „Blauen Bandes Deutschland“ vorgesehenen Uferumgestaltungen an Bundeswasserstraßen bereits wichtige Arbeitshilfen für die Planung und Ausführung von alternativen Ufersicherungen zur Verfügung. Diese werden gegenwärtig schon bei der Renaturierung der Unteren Havelwasserstraße zwischen Brandenburg und Havelberg und der Planung erster Modellprojekte des „Blauen Bandes Deutschland“ am Rhein angewendet.



# Die Bundesanstalt für Wasserbau

- Das Jahr 2016
- Die BAW als Arbeitgeber
- Daten und Fakten
- Anhang



# Das Jahr 2016



Januar

## Triaxialprüfstände

### Neue Versuchsanlagen für die Geotechnik:

Mit dieser innovativen Prüfanlage setzt die BAW neue Maßstäbe in der Triaxialversuchstechnik.

JAN

FEB

MRZ

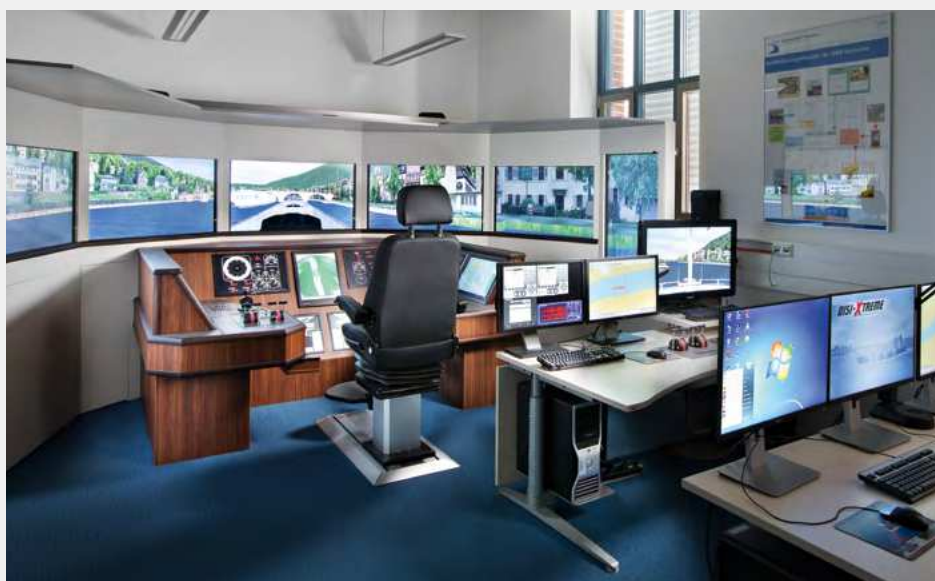
APR

Februar

## Schiffsführungssimulator

### Schiffsführungssimulatoren erhielten erstes Upgrade:

Wichtigste Neuerung ist die von der BAW gemeinsam mit dem Hersteller erweiterte PlugIn-Schnittstelle. Sie erlaubt nun umfassenden Eingriff in eine laufende Simulation.





## Das Jahr 2016



April

### Trockenlegung Schleuse Bamberg

Im April wurden an den Anlagen des Main-Donau-Kanals (MDK) umfangreiche Wartungs-, Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Mit Trockenlegung der Schleuse Bamberg fand hierbei auch der Wechsel des 35 Tonnen schweren Obertores statt.

MAI

JUN

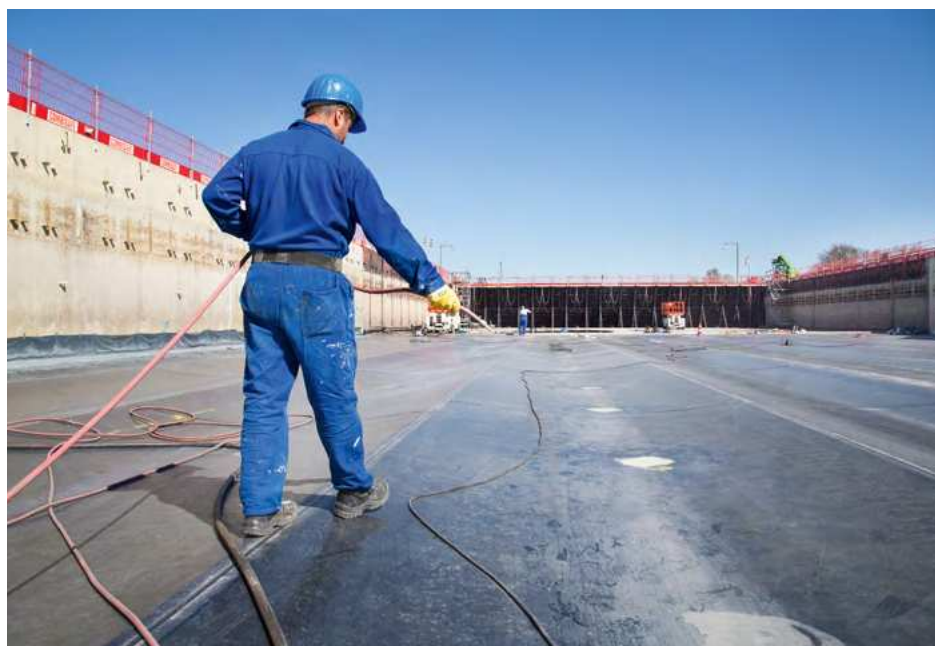
JUL

AUG

April

### Kanalbrücke Zenn

Im April 2016 wurde die Kanaltrogbrücke über die Zenn trockengelegt, um den in den Jahren 2012 bis 2014 erneuerten Korrosionsschutz, sowie die Brückenlager turnusmäßig zu überprüfen.



Mai

## Vierte MASHCON-Konferenz



Um das Manövrieren sehr großer Schiffe im Verhältnis zu den vergleichsweise engen Zufahrten der Seehäfen ging es bei der internationalen Konferenz in Hamburg.

<http://www.mashcon2016.baw.de>

Juni

## Lahnsteinmodell



Ziel der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an der Lahn und ihren Nebenflüssen ist, dass sich Wanderfische wie Lachs und Meerforelle wiederansiedeln. Dazu müssen Fischtreppe gebaut werden. Die BAW leistet mit ihren Untersuchungen einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung dieses Vorhabens.

SEP

OKT

NOV

DEZ



Dezember

## SHW Niederfinow

In ihrer Funktion als technisch-wissenschaftlicher Berater und Gutachter für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ist die BAW seit Beginn an der Planung und dem Bau des neuen Schiffshebewerks Niederfinow beteiligt. Das Baugeschehen lässt sich auf der Website des zuständigen Wasserstraßen-Neubauamtes Berlin nachverfolgen.

<http://www.wna-berlin.de>



## Die BAW als Arbeitgeber

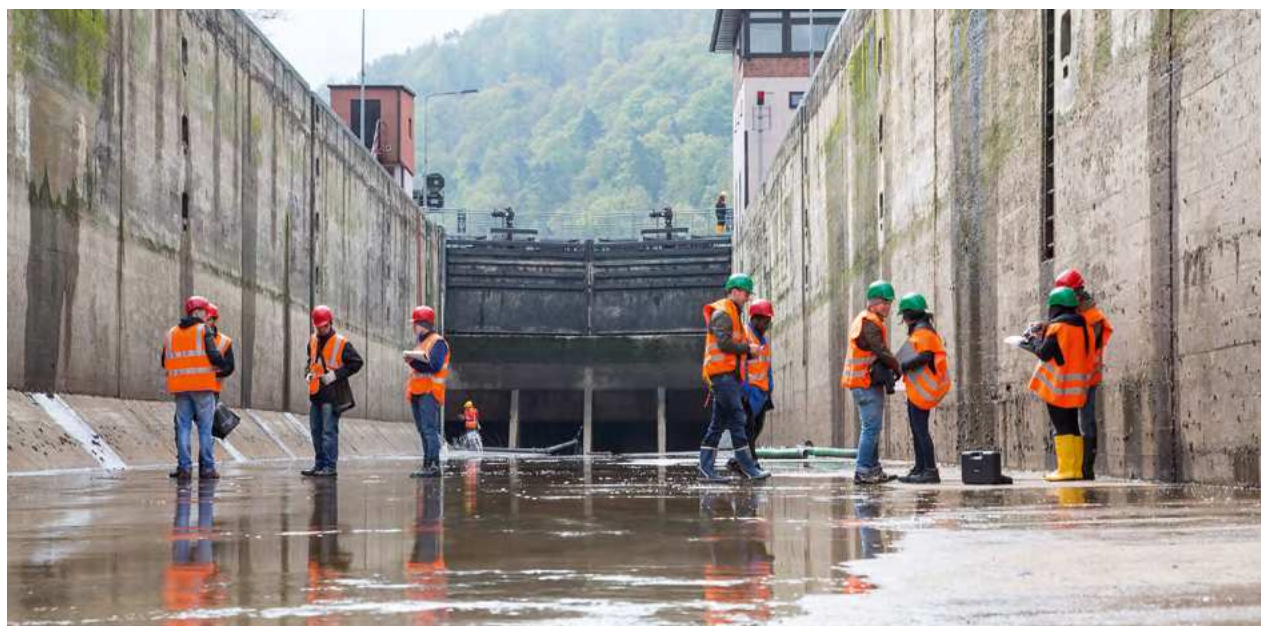
Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist eine der führenden internationalen Forschungseinrichtungen und wichtigste Beratungs- und Dienstleistungseinrichtung in Deutschland für alle Fragen des Verkehrswasserbaus. Wir tragen mit unserer Arbeit wesentlich dazu bei, dass die Wasserstraßen in Deutschland den wachsenden technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Anforderungen gerecht werden. Wir verfügen über umfassende Kompetenz und Erfahrung auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus und sind maßgeblich an der Weiterentwicklung dieser Disziplin beteiligt. Deshalb genießt die BAW in der nationalen und internationalen Fachwelt hohes Ansehen.

**Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAW sind praxisorientierte Berater für eine Vielzahl von Projekten an den Bundeswasserstraßen. Als Forschende gestalten sie gleichzeitig maßgebend die Zukunft des Verkehrsträgers „Wasserstraße“.**

**Jiuru Huang**  
Bauingenieurin  
Seit September 2016 im Referat Erhaltung  
und Hochbau der Abteilung Bautechnik tätig.

**Frederik Folke**  
Bauingenieur  
Seit November 2016 im Referat  
Flussbau der Abteilung Wasser-  
bau im Binnenbereich tätig.





### Hochschule meets Praxis

Zum vierten Semester des Bachelor-Studiengangs „Infrastructure Engineering“ der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft gehört die Untersuchung eines bestehenden Infrastrukturbauwerks im Rahmen einer Projektarbeit. Die Idee, diese Projektarbeit an einer trockengelegten Schleuse durchzuführen, entstand im Zuge der Kooperation zwischen Prof. Dr.-Ing. J. Akkermann und dem Referat Erhaltung und Hochbau der BAW. Im angefragten Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Heidelberg wurde die Idee sehr positiv aufgenommen und vom dortigen Sachbereichsleiter 2, Jochen Bode, in allen Belangen unterstützt. So konnten die Studierenden am 28. April 2016 die trockengelegte und gereinigte Schleuse Neckarsteinach intensiv unter die Lupe nehmen. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, wertvolle Tipps von den vor Ort tätigen Kollegen des WSA Heidelberg zu bekommen. Von Seiten der Studierenden bestanden keine Einwände, die Schleuse wieder in Betrieb zu nehmen. Dem WSA Heidelberg gebührt großer Dank für die umfangreiche Unterstützung.

### Die BAW auf der KIT-Karrieremesse 2016

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), als Technische Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft, veranstaltet jedes Jahr im Mai eine große Karrieremesse. An drei Tagen dreht sich alles um die Themen „Berufseinstieg & Karriere“. Direkt auf dem Campusgelände wird Studierenden, Promovierenden und Alumni die Möglichkeit geboten, interessante Arbeitgeber kennenzulernen und Kontakte zu Unternehmen zu knüpfen.

Erstmalig war im Jahr 2016 auch die BAW als potenzieller Arbeitgeber mit einem Messestand und einem Vortrag dort vertreten. Zahlreiche Standbesucher informierten sich über die vielfältigen Aufgabengebiete und Karrieremöglichkeiten

in der BAW. Es wurden interessante Gespräche geführt, Kontakte geknüpft und in Form eines Vortrages spannende Einblicke in die Arbeitsbereiche der einzelnen Fachabteilungen geboten.





# Daten & Fakten

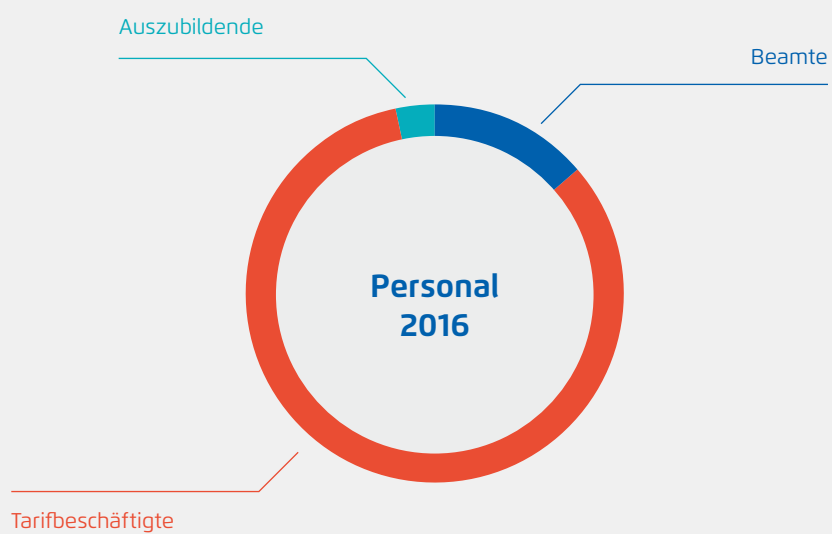
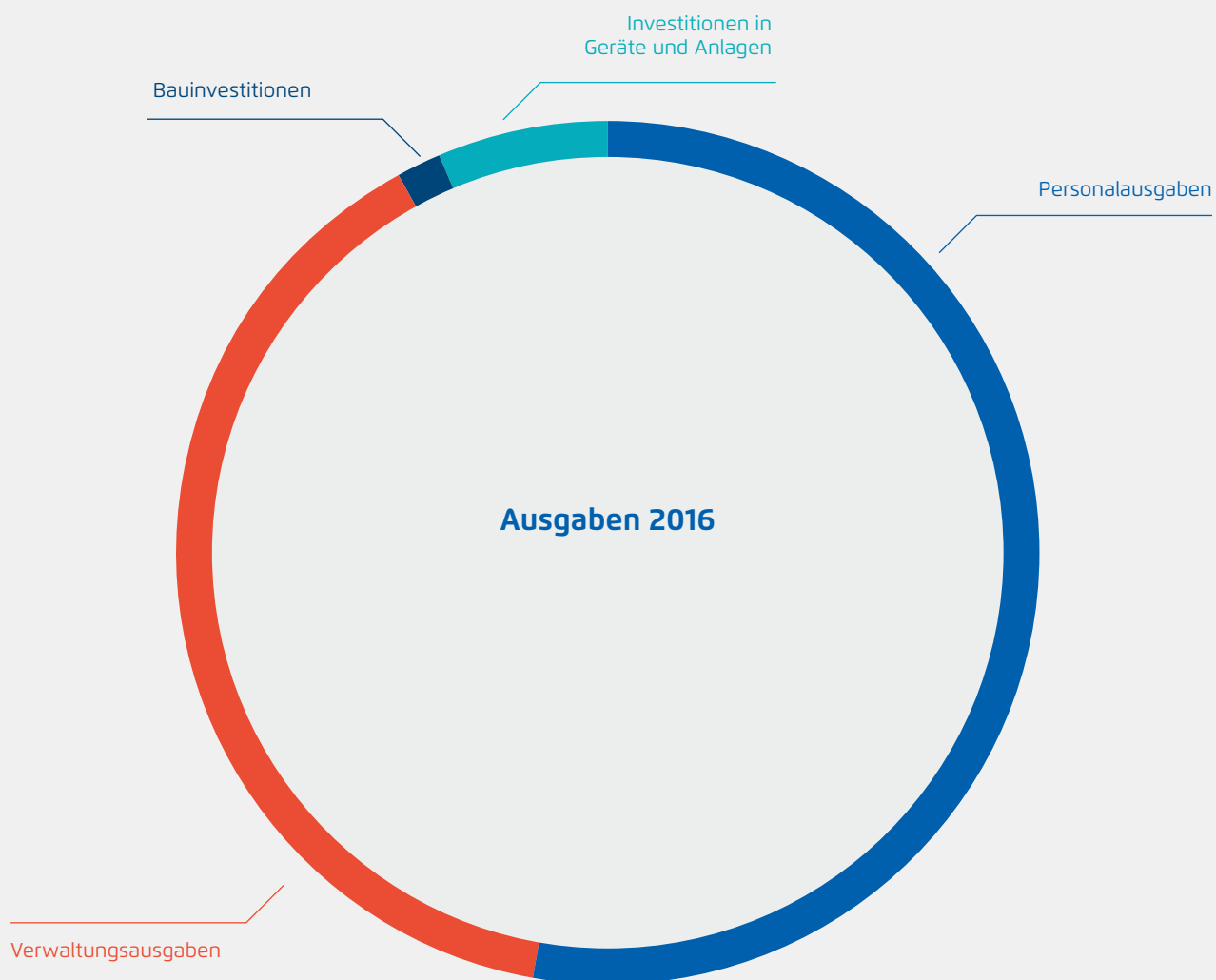
## Ausgaben und Einnahmen

	2014	2015	2016
Personalausgaben	23.556.675 €	24.552.687 €	23.799.864 €
Verwaltungsausgaben	14.442.698 €	14.835.645 €	17.588.224 €*
Bauinvestitionen	237.777 €	334.005 €	801.107 €
Investitionen in Geräte und Anlagen	1.497.923 €	6.037.620 €	2.799.367 €*
Informations- und Kommunikationstechnik	2.105.206 €	1.179.770 €	–
Konjunkturprogramme	202.374 €	0 €	–
<b>Gesamtausgaben</b>	<b>42.042.653 €</b>	<b>46.939.727 €</b>	<b>46.968.526 €</b>
<b>Einnahmen aus Drittmittelprojekten</b>	<b>1.891.332 €</b>	<b>2.456.852 €</b>	<b>1.980.507 €</b>

\*) inklusive Ausgaben für Informations- und Kommunikationstechnik nach Umstellung gemäß MHR ab 2016

## Personal

	2014	2015	2016
Beamte	57	58	59
Tarifbeschäftigte*	333	335	357
Auszubildende	15	13	14
<b>Beschäftigte gesamt</b>	<b>405</b>	<b>406</b>	<b>430</b>
*davon befristet Beschäftigte (ohne Auszubildende)	87	69	90





## Daten & Fakten



# 302

TÄTIGKEITEN IN AUSSCHÜSSEN



# 5

PROMOTIONEN

**Goll, Annalena**

3D numerical modelling of dune formation and dynamics in inland waterways

**Harlacher, Dennis**

Beurteilung, Bewertung und flächige Visualisierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen

**Rahimi, Amir**

Semiprobabilistisches Nachweiskonzept zur Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauteilen unter Chlorideinwirkung

**Schmidmeier, Michael**

Zur Ermüdungssicherheit vollverschlossener Seile unter Biegung

**Sokoray-Varga, Bèla**

Detecting flow events in turbulent flow of vertical-slot fish passes



# 93

VERÖFFENTLICHUNGEN  
UND VORTRÄGE



17

LEHRAUFTRÄGE



10

KOLLOQUIEN &  
AUSSPRACHETAGE



103

FORSCHUNGSVORHABEN  
IN 2016 BEENDET: 9  
AKTIV: 94

## Veranstaltungen 2016

	Anzahl	Teilnehmer
Kolloquien	6	704
Aussprachetage	4	216
<b>Insgesamt</b>	<b>10</b>	<b>920</b>



# Anhang

**BAW**online – mit den digitalen Angeboten der BAW haben Sie Zugriff auf das geballte Wissen rund um den Verkehrswasserbau der letzten Jahrzehnte bis heute. [www.baw.de](http://www.baw.de)



## Veranstaltungen

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/veranstaltungen/  
veranstaltungen.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/veranstaltungen/veranstaltungen.html)

## Veröffentlichungen & Vorträge

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/publikationen/  
publikationen.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/publikationen/publikationen.html)



## Mitarbeit in Ausschüssen

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/die\\_baw/netzwerk/ausschuesse\\_arbeitsgruppen/ausschuesse\\_arbeitsgruppen.html](http://www.baw.de/DE/die_baw/netzwerk/ausschuesse_arbeitsgruppen/ausschuesse_arbeitsgruppen.html)

## Aktuelle Kooperationspartner

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/die\\_baw/netzwerk/kooperationspartner/kooperationspartner.html](http://www.baw.de/DE/die_baw/netzwerk/kooperationspartner/kooperationspartner.html)

## Forschung und Entwicklung

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/forschung\\_entwicklung/  
forschung\\_entwicklung.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/forschung_entwicklung/forschung_entwicklung.html)



## Social Media Kanäle

Weitere Informationen finden Sie unter

[www.baw.de/DE/presse/social\\_media/  
social\\_media.html](http://www.baw.de/DE/presse/social_media/social_media.html)



# Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag):  
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe  
Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0) 721 9726-0  
Telefax: +49 (0) 721 9726-4540  
E-Mail: [info@baw.de](mailto:info@baw.de), [www.baw.de](http://www.baw.de)

Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.  
Übersetzung, Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung – auch auszugsweise – ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

ISSN 2190-9156  
© BAW 2017

Fotonachweis:  
Seite 4: TU Dresden, © Ulrich van Stipriaan  
Seite 46: Shutterstock.com  
Seite 47 unten: TommL/iStock  
Seite 48 oben: shutterstock.com, unten: mediaphotos/iStock  
Seite 49 unten: Shutterstock.com









Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

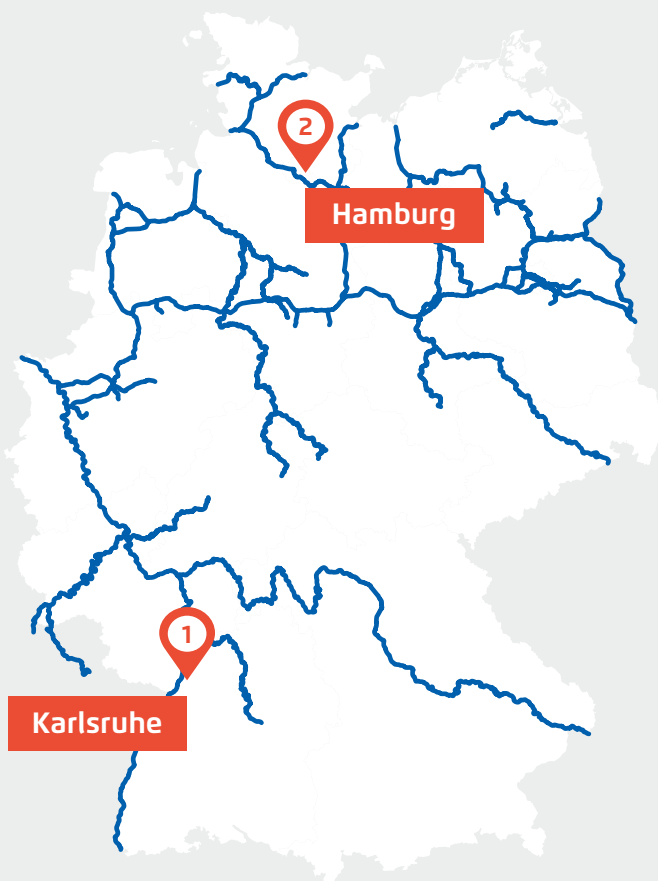




# Organigramm

	<b>Leiter</b> Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann Vertreter: Claus Kunz		<b>Gleichstellungsbeauftragte</b> Dr.-Ing. Andrea Wahrheit-Lensing	
			<b>Datenschutzbeauftragter</b> Sigfrid Knapp	
	<b>Abteilungen</b>			
				
<b>Abteilung Bautechnik</b> Claus Kunz	<b>Abteilung Geotechnik</b> Dr.-Ing. Jan Kayser	<b>Abteilung Wasserbau im Binnenbereich</b> Prof. Dr. Ing. Andreas Schmidt	<b>Abteilung Wasserbau im Küstenbereich</b> Holger Rahlf	<b>Abteilung Zentraler Service</b> Peter Weinmann
Massivbau	Baugrund- erkundung	Wasserstraße und Umwelt	Geotechnik Nord	Verwaltung
Stahlbau/ Korrosionsschutz	Grundbau	Flussbau	Ästuarsysteme I	Technischer Support
Baustoffe	Grundwasser	Wasserbauwerke	Ästuarsysteme II	Datenmanagement und Systemtechnik
Erhaltung und Hoch- bau	Erdbau und Uferschutz	Schiff / Wasserstraße, Naturuntersuchun- gen	Schiffstechnik	
		Numerische Verfahren im Wasserbau	Kuratorium für Forschung im Küsteningenieur- wesen	

# Standorte und Projekte



# 711

## WSV / BMVI Aufträge aktiv

+ 97 Aufträge, die in 2016 beendet wurden = 808

# 94

## FuE aktiv

+ 9 FuE, die in 2016 beendet wurden = 103

# 44

## Drittaufträge aktiv

+ 25 Drittaufträge, die in 2016 beendet wurden = 69

### 1 Karlsruhe

Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0) 721 9726-0  
Fax: +49 (0) 721 9726-4540

### 2 Hamburg

Wedeler Landstraße 157  
22559 Hamburg  
Tel.: +49 (0) 40 81908-0  
Fax: +49 (0) 40 81908-373

### E-Mail

[info@baw.de](mailto:info@baw.de)

### Internet

[www.baw.de](http://www.baw.de)



